Roberto de Andrade Martins

Tratados físicos de Blaise Pascal

Cadernos de História e Filosofia da Ciência

[série 2] vol. 1 (n º 3): 1-168, 1989

Referência bibliográfica deste trabalho:

Para se referir à obra completa, utilizar esta referência: MARTINS, Roberto de Andrade. Tratados físicos de Blaise Pascal. *Cadernos de História e Filosofia da Ciência* [série 2] **1** (3): 1-168, 1989.

Para se referir apenas à introdução, utilizar esta referência: MARTINS, Roberto de Andrade. O vácuo e a pressão atmosférica, da Antigüidade a Pascal. *Cadernos de História e Filosofia da Ciência* [série 2] **1** (3): 9-48, 1989.

Para se referir apenas à tradução dos textos, utilizar esta referência: PASCAL, Blaise. Tratados físicos de Blaise Pascal. Seleção, tradução e notas de Roberto de Andrade Martins. *Cadernos de História e Filosofia da Ciência* [série 2] **1** (3): 49-168, 1989.

SUMÁRIO:

Todo homem de bem conhece os relatos fascinantes sobre as "Novas experiências sobre o vácuo" e a "Grande experiência do equilíbrio dos líquidos" (experiência do Puy-de-Dôme); são, como se diz freqüentemente e com justiça, jóias da literatura científica onde não se pode deixar de admirar a maravilhosa clareza da exposição, a firmeza do pensamento, a arte com a qual as experiências são apresentadas à atenção do leitor, uma depois da outra.

(KOYRÉ, *Études d'histoire de la pensée scientifique*. p. 376).

PRÓLOGO

Este *número especial* dos *Cadernos de História e Filosofia da Ciência* apresenta uma tradução completa das obras de Pascal sobre Física (essencialmente, sobre o vácuo, pressão atmosférica e estática dos fluidos). Da produção científica de Pascal, só não estão incluídas aqui suas contribuições matemáticas. Este fascículo dos *Cadernos* contém, também, sob a forma de *Apêndice*, dois outros textos cuja leitura permite complementar o estudo dos escritos de Pascal: a carta de Torricelli, em que são descritas suas primeiras experiências barométricas; e a carta de Petit a Charut, descrevendo as primeiras experiências de Pascal. Ambas merecem ser aqui reproduzidas por extenso. Outros documentos serão parcialmente citados no estudo introdutório e notas de rodapé.

Esses escritos de Pascal cobrem o curto período de 1647 a 1654. O seu tema central é sempre o mesmo: a questão da existência do vácuo e a explicação de efeitos antes atribuídos ao "horror ao vácuo". Mesmo os estudos hidrostáticos de Pascal nada mais são do que a tentativa de fornecer uma base teórica e analogias para o estudo da atmosfera e do vácuo.

Pode-se dizer que o trabalho de Pascal, inspirado pela descoberta de Torricelli em 1644, foi uma importante contribuição para a derrubada da concepção aristotélica sobre a impossibilidade de vácuo (ou espaço totalmente vazio). É claro que, mesmo após esses trabalhos, houve autores que continuaram a manter as antigas idéias, adicionando-lhe eventualmente novas hipóteses protetoras. No entanto, pode-se dizer que o trabalho de Pascal marcou um considerável avanço em relação ao de Torricelli e que ele conseguiu, com grande clareza, expor os argumentos a favor do vácuo e da pressão atmosférica.

Os textos aqui traduzidos são os seguintes:

a) Fragmento de um "Tratado sobre o vácuo" (1651?): é um escrito essencialmente metodológico, no qual Pascal procura defender e justificar seu direito a discordar dos "antigos" — incluindo-se aí Aristóteles, é claro.

b) "Novos experimentos sobre o vácuo" (1647): a primeira publicação de Pascal sobre o assunto, em que ele cautelosamente mantém a idéia do "horror ao vácuo", porém afirma que esse "horror ao vácuo" é limitado e que a Natureza permite a existência de um "vácuo aparente" ou, mesmo, de um vácuo real. O tratado contém a descrição de vários experimentos interessantes e originais; é notável por sua clareza.

c) "Cartas do Padre Noël e respostas de Pascal" (1647-8): a publicação dos "Novos experimentos" suscitou, como reação, uma crítica do Padre Noël, sob a forma de uma carta a Pascal. Noël defende a impossibilidade do vácuo e critica a posição de Pascal. Essa troca de cartas permite perceber muito bem a situação da época e os problemas metodológicos do trabalho de Pascal. A reação de Pascal é violenta, aguda e, em certos pontos, pouco cordial.

d) "Relatório sobre o grande experimento" (1648): diante das resistências à aceitação de suas idéias, Pascal faz executar um experimento (já proposto por Descartes) para

testar se a a altura da coluna de um barômetro depende da altitude. O teste, realizado com sucesso por seu cunhado Périer, é considerado por Pascal como um experimento crucial, que não poderia ser explicado por seus adversários.

e) "Tratados sobre o equilíbrio dos líquidos e sobre o peso da massa de ar" (1654): apresentam a sistematização do trabalho de Pascal, onde se expõe com grande clareza didática tudo aquilo que é necessário para se compreender a teoria da pressão atmosférica e de seus efeitos. Esses *Tratados* constituem, talvez, o primeiro exemplo de uma obra científica moderna: são concisos, claros, bem estruturados, repletos de descrições, de fatos, explicações, leis, etc. Em estilo, representam um considerável avanço em relação a Galileo, por exemplo.

Para facilitar a compreensão dos textos de Pascal, pareceu-nos conveniente preceder as traduções por uma descrição histórica a respeito das idéias sobre o vácuo (ou espaço vazio), da antigüidade, até o século XVII. Essa descrição, necessariamente incompleta e esquemática, poderá ser aprofundada através da consulta às referências bibliográficas indicadas. A leitura dessa introdução pode, é claro, ser dispensada aos que queiram estudar diretamente as obras de Pascal.

Aproveito a oportunidade para agradecer ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) a bolsa de pesquisador e os recursos necessários para a realização deste trabalho; à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) a oportunidade de realizar uma viagem a Oxford e Londres, onde a consulta a muitas fontes enriqueceu o presente trabalho; e a Nilmara Sikansi pelo incansável esforço de compreender e datilografar os originais manuscritos e ditados em fita, possibilitando que esse estudo pudesse ser publicado.

ROBERTO DE ANDRADE MARTINS
Campinas, junho de 1989.

PRIMEIRA PARTE

INTRODUÇÃO GERAL

O VÁCUO E A PRESSÃO ATMOSFÉRICA, DA ANTIGÜIDADE A PASCAL

ROBERTO DE ANDRADE MARTINS

1 O PROBLEMA DO VÁCUO

É possível a existência de espaços vazios, na natureza? Eles existem? Podem ser produzidos pelo homem? Ou será todo o universo repleto por uma matéria contínua, que preenche todos os espaços e que não pode ser retirada de nenhum lugar?

Essas são questões muitos antigas. Para nós, educados dentro do ponto de vista da ciência moderna, as respostas podem parecer claras: existem espaços vazios entre os átomos e dentro deles; é possível produzir-se, artificialmente, grandes espaços vazios (ou quase vazios); os espaços interestelares são praticamente vazios. Todos conhecem o barômetro e sabem que a sua parte superior é um vácuo. Essas são as nossas crenças. Mas são nossos *conhecimentos?* Ou nossas *superstições?*

Quem ouviu falar e aceita como verdade que o topo de um barômetro é um vácuo pode conhecer ou não como se chegou a essa concepção. Quem só conhece o *resultado*, a *conclusão* aceita pela ciência moderna, sem conhecer o *processo*, os *motivos* que levaram a essa conclusão, baseia-se apenas na autoridade dos livros-texto e dos professores. Não tem um conhecimento genuíno da fundamentação desse conhecimento.

É o estudo histórico que pode mostrar o real significado e a base de nossas crenças científicas. Como e por que se aceitou certa idéia? Existiam alternativas? Como e por que essas alternativas foram abandonadas? Quando investigamos o passado, podemos tentar responder a essas questões. As respostas não são simples, nem fáceis de encontrar. É preciso pesquisar os textos, procurar se inteirar de como se pensava em cada época, deixar de lado, temporariamente, nossas certezas, penetrando na real efervescência histórica.

Essa história nos ensinará mais sobre o vácuo e a pressão atmosférica, mais sobre a história do pensamento humano, mais sobre o caminho seguido pelos pesquisadores, sobre suas tentativas, hesitações, falhas e sucessos. E, espero, ensinará que nada é tão claro e simples quanto pensávamos antes e que nada do que aceitamos foi jamais provado.

É preciso abandonar nossa arrogância usual de que nós, os modernos, chegamos à verdade, para que se torne possível captar o outro lado da história. Só assim será possível ver que aqueles que negavam o vácuo não eram tolos ou loucos.

Mas vamos à história.

Cad. Hist. Fil. Ci., Campinas, Série 2, 1(n. esp.): 9-48, jan./dez. 1989.

2 OS PRÉ-SOCRÁTICOS E O VÁCUO

Como em quase todas as questões científicas é preciso retornar à antigüidade grega para localizar as raízes dos problemas modernos.

De acordo com os fragmentos existentes, os antigos atomistas foram os mais vigorosos defensores da existência do vácuo. A eles se contrapuseram Platão e Aristóteles que concebiam o Universo como algo totalmente preenchido por matéria.

A discussão sobre a existência do vácuo ou vazio (*Kénon*, em grego) pode ser encontrada em alguns pré-socráticos. Tanto nos eleatas, que afirmavam a unidade e negavam o movimento, quanto entre os atomistas, que aceitavam a multiplicidade e o movimento, a existência de espaços vazios é pensada como uma condição para o movimento. Um fragmento de Melissos (cerca de 443 A.C.) mostra essa idéia ao descrever o todo imóvel.

> Nada dele é vazio. Pois aquilo que é vazio é nada. Ora, aquilo que nada é não poderia existir. E ele não se move. Pois não pode ceder em nenhum ponto, já que é cheio. Pois se existisse um vazio, ele cederia no vazio; mas como o vazio não é uma coisa que exista, ele não tem onde ceder. (Melissos, fragmento 7 Diels, tirado do comentário de Aristóteles, 112, 6.1 — *apud* KIRK, RAVEN & SCHOFIELD, *The presocratic philosophers*, p. 397)*.

Essa idéia dos eleatas é descrita e criticada por Aristóteles:

> Alguns dos antigos filósofos pensavam que aquilo que existe deve necessariamente ser uno e imóvel. Eles argumentavam que o vazio não existe; mas, se não houvesse um vazio com uma existência própria distinta, aquilo que existe não poderia ser movido — nem poderia ser múltiplo, pois não existe nada para separar as coisas. . . eles assim sustentaram que é igualmente necessário negar a existência do movimento.
>
> Raciocinando desta forma, portanto, foram levados a transcender a percepção sensorial e a desconsiderá-la baseando-se em que "deve-se seguir o argumento"; e assim afirmam que o universo é uno e imóvel. (ARISTÓTELES, *Sobre a geração e a corrupção*, livro I, cap. 8, 325a 3-13).

Aristóteles considera que essas idéias são próximas às dos lunáticos, por se oporem claramente aos fatos. E descreve em seguida a posição dos atomistas:

> Leucipo, no entanto, pensou dispor de uma teoria que se harmonizava com a percepção sensorial e que não negaria o surgimento nem o desaparecimento ou o movimento e a multiplicidade das coisas. Ele admitia isso pelos fatos da percepção. Por outro lado, concordou com os Monistas que não poderia existir movimento sem um vazio. O resultado foi uma teoria que ele assim descreve: 'O vazio é um "não-ser" e nenhuma parte "daquilo que é" é um "não-ser"; aquilo que existe, no sentido estrito da palavra, é um *pleno* absoluto. No entanto, esse pleno não é um; pelo contrário, ele é muitos, infinitos em número e invisíveis pela pequeneza de seu tamanho. Os muitos se movem no vazio (pois existe um vazio) e, unindo-

---

**Nota editorial*: As referências bibliográficas completas dos trabalhos citados estão contidas na lista bibliográfica colocada no final deste volume.

> se, produzem o surgimento, enquanto, ao separar-se, produzem o desaparecimento ... (ARISTÓTELES, *Sobre a geração e a corrupção*, livro I, cap. 8, 325a 23-32).

Da mesma forma, como esclarece Aristóteles, Empédocles aceitava a existência de poros nos corpos; e, mais tarde, Epicuros defenderá a teoria atomista:

> Se não existisse aquilo que chamamos de vazio ou espaço ou natureza intangível, os corpos não teriam onde estar nem através do que se mover, como se vê que eles se movem. (EPICUROS, *La lettre d'Épicure*, 40 – p. 79).

e esse argumento é descrito também por Sextus Empiricus:

> E falta de testemunho contrário é a congruência entre o objeto suposto, não-evidente, com o aparente – como quando Epicuros diz que o vazio existe, o que é uma coisa não-evidente; e isso se baseia em um fato óbvio, a saber: o movimento; pois se o vazio não existe, o movimento também não deveria existir, pois o móvel não teria um lugar para onde passar, se todas as coisas estivessem cheias e compactadas; assim, como o movimento existe, o aparente não dá um testemunho que contrarie o fato opinado não-evidente. (SEXTUS EMPIRICUS, *Contra os lógicos*, livro I, 213-4).

3 A CRÍTICA ARISTOTÉLICA AO VÁCUO

Em Platão, o problema do vácuo é pouco discutido. No *Timeu* (79-80), no entanto, encontra-se uma clara negação do vácuo. Lá apresenta-se a afirmação de que não pode existir um vácuo e que isso explica vários fenômenos: a respiração, o uso de ventosas, a sucção de líquidos ao beber. Em todos esses casos, Platão parece interpretar a aparente *atração* como um *empurrar* em direção a um local onde tenderia a surgir um espaço vazio.

A primeira discussão sistemática e profunda da questão, no entanto, parece dever-se a Aristóteles.

A análise de Aristóteles pode ser dividida em três partes:

a) Ele examina o conceito de espaço e tenta estabelecer que a própria concepção de um espaço vazio é impossível;

b) Examina os argumentos dos atomistas e procura mostrar que todos os fenômenos por eles utilizados para estabelecer a existência do vácuo são explicáveis sem a hipótese do vácuo;

c) Apresenta novos argumentos nos quais tenta mostrar que certos aspectos do movimento se tornariam incompreensíveis ou levariam a absurdos se fosse admitida a existência do espaço vazio.

Ao discutir o conceito de espaço (*Física*, livro IV, 208a 28 – 213a 10), Aristóteles descreve o espaço ocupado por um corpo como a região delimitada pelos corpos que o envolvem. É o envoltório ou "recipiente" de um corpo que determina o seu volume. Em particular, o universo como um todo não tem volume e não ocupa um espaço, pois não existem corpos fora dele que possam cercá-lo e determinar seu espaço ou volume. Depois, Aristóteles passa à questão do vazio ou vácuo:

> A investigação de questões sobre o vazio — a saber, se ele existe ou não, como existe e o que é — deve caber também ao físico, como as relativas ao lugar . . . Os que sustentam que o vazio existe consideram-no como um tipo de local ou recipiente que está *cheio* quando contém o recheio que é capaz de conter e *vazio* quando está privado dele . . . (ARISTÓTELES, *Física*, livro IV, cap. 6, 213a 11-17).

Aristóteles examina então as opiniões e argumentos daqueles que afirmavam a existência do vazio.

> Eles argumentaram, por um lado, que a mudança espacial (isto é, locomoção e crescimento) não existiria [se o vazio não existisse]. Pois mantém-se que o movimento pareceria não existir se não houvesse vazio, pois aquilo que está cheio não pode conter nada mais. Se pudesse e se houvesse dois corpos no mesmo lugar, seria também verdade que qualquer número de corpos poderiam estar juntos; pois é impossível traçar uma linha divisória além da qual isso deixaria de ser verdade. Se isso fosse possível, também seguir-se-ia que o menor corpo poderia conter o maior; pois "muitos poucos fazem um monte"; assim, se muitos corpos iguais pudessem estar juntos [no mesmo lugar, coexistindo], também poderiam muitos corpos desiguais.
>
> Melissos, realmente, infere dessas considerações que o Todo é imóvel; pois para que ele se movesse deveria existir o vazio, diz ele; mas o vazio não é uma das coisas que existem.
>
> Esse argumento, portanto, é um caminho pelo qual mostram que existe um vazio (ARISTÓTELES, *Física*, livro IV, cap. 6, 213b 4-14).

Quanto a esses argumentos dos atomistas, Aristóteles afirma que, para existirem deslocamentos, não é preciso aceitar a existência de espaços vazios: pois os corpos podem trocar mutuamente de lugar, como parece ocorrer quando um peixe nada na água — o peixe passa a ocupar um local onde havia água, aquela água se desloca e o local onde o peixe estava é ocupado por água. Essa idéia já se encontra presente, também, no *Timeu* de Platão.

> Mas o movimento de um local para outro não exige o vácuo. Pois os corpos podem ceder espaço um ao outro simultaneamente, mesmo não havendo um intervalo que os separe ou além dos corpos que estão em movimento. E isto torna-se claro na rotação de corpos contínuos e na dos líquidos. (ARISTÓTELES, *Física* 214a 28-31).

Outra classe de objeções é constituída pelos fenômenos de dilatação, contração e crescimento:

> Eles raciocinam também a partir do fato de que observa-se que algumas coisas se contraem e são comprimidas . . . o que implica que o corpo comprimido se contrai nos vazios existentes nele.
>
> Também o crescimento (de um animal ou planta) é imaginado ocorrendo através de vazios, pois o alimento é corpóreo, e é impossível que dois corpos estejam juntos (no mesmo local, ao mesmo tempo).
>
> Também encontram uma prova disso no que acontece com as cinzas, que absorvem tanta água quanto o recipiente vazio. (ARISTÓTELES, *Física*, 213b 15-22).

Ao que Aristóteles responde:

> As coisas podem ser comprimidas sem ser por seus vazios, e sim porque elas espremem para fora aquilo que continham — como, por exemplo, quando a água é comprimida, o ar

dentro dela é expelido. E as coisas podem aumentar não apenas pela entrada de algo, mas também por mudança qualitativa — por exemplo, se a água se transforma em ar.

. . . Pode ocorrer que [no crescimento] nem todas as partes do corpo cresçam, ou os corpos podem crescer sem adição de um corpo, ou podem existir dois corpos no mesmo lugar . . .

É evidente, portanto, que é fácil refutar os argumentos pelos quais eles provam a existência do vácuo. (ARISTÓTELES, *Física*, 214a 32 - b 11).

Aqui, a resposta de Aristóteles não é muito boa, pois aparentemente os corpos podem aumentar ou diminuir de tamanho sem que se *veja* nada entrar ou sair deles (por exemplo, o ar encerrado em uma bexiga, que aumenta de tamanho ao Sol e diminui à sombra). Além disso, no caso da mudança qualitativa (quando a água se transforma em vapor, ou "ar") *também* não se compreende facilmente o motivo da variação de volume. Talvez o que Aristóteles queira dizer é que, em uma mudança qualitativa, *todas* as características do corpo podem mudar e não devemos nos espantar com a alteração de volume.

Por fim, quanto ao crescimento, a resposta é a mais fraca de todas: ele prefere até mesmo admitir a penetralidade dos corpos para não aceitar a hipótese do vácuo.

Em outra obra (*Sobre geração e corrupção*, livro I, cap. 5), Aristóteles volta a discutir o crescimento e a expansão e não resolve totalmente o problema. O caso da transformação da água em ar (ou vapor) é o mais simples, para ele: há uma alteração *qualitativa* da água e, nessa transformação, mudam as propriedades da matéria — inclusive seu volume. Nada material *penetra* na água, para transformá-la em "ar". Mas, no caso do crescimento, não há esse tipo de mudança qualitativa:

É evidente que todas as partes da coisa que cresce aumentam e que, similarmente, na diminuição todas as partes se tornam menores. Além disso, (é evidente) que uma coisa cresce pelo acréscimo de algo, e diminui por sua saída. Deve portanto crescer ou pelo acesso de algo incorpóreo ou de um corpo. Ora, se ele cresce pelo acesso de algo incorpóreo, deve existir um vazio separado [pois há um aumento total de volume]; mas é impossível que exista uma extensão separada. Se, por outro lado, cresce pelo acesso de um corpo, então existirão dois corpos no mesmo lugar — aquele que cresce e aquele que o faz crescer; e isso também é impossível (ARISTÓTELES, *Sobre a geração e a corrupção*, livro I, capítulo 5, 321a 3-9).

A solução não é muito clara. Aparentemente, Aristóteles acredita que, entre as várias partes homogêneas de um corpo (seus tecidos) existem dutos que podem transportar o alimento; e que esse alimento adere à *superfície* dos tecidos homogêneos e faz com que eles cresçam. Ou seja: ele acaba por negar que *todas* as partículas de uma coisa em crescimento crescem.

Outros argumentos são discutidos por Aristóteles em outros locais. Um deles (que reaparecerá em tempos posteriores) se refere ao "peso" e à "leveza" dos corpos e àquilo que atualmente denominamos "densidade". Os atomistas mantinham que corpos de diferentes densidades diferiam uns dos outros pela quantidade de espaços vazios em seu interior, já que todos os átomos eram igualmente "cheios" (igualmente densos, diríamos).

Como, nos corpos compostos, o peso não é correspondente ao volume, sendo muitas vezes o menor volume superior em peso (como, por exemplo, se um for de lã e o outro de bron-

> ze), há alguns que pensam e dizem que a causa deve ser encontrada em outra coisa: o vazio, dizem, que está aprisionado nos corpos os torna mais leves e algumas vezes faz com que o maior corpo seja mais leve. A razão seria que nele existe mais vazio. (ARISTÓTELES, *Sobre os céus*, livro IV, cap. 2, 309a 3-8).

Em seguida a esse trecho, no entanto, Aristóteles critica essa visão: ela não poderia, em sua opinião, explicar a "leveza absoluta", que é a tendência de certos corpos (como o fogo) a *subirem*, ao invés de cairem em direção à Terra. Essa discussão está associada ao problema dos "movimentos naturais", que não podemos discutir aqui, pois nos levaria muito longe de nosso tema central.

Por fim, citaremos o argumento de que devem existir poros (vácuos intersticiais) nos corpos transparentes, para permitir a passagem da luz através da matéria. O mesmo ocorreria no caso do som:

> Alguns filósofos pensam que o agente último — o "agente" em seu sentido estrito — entra por certos poros e assim o objeto sofre a ação. É deste modo, dizem eles, que vemos e ouvimos e exercitamos todos os nossos outros sentidos. Além disso, de acordo com eles, as coisas são vistas através do ar, da água e de outros corpos transparentes porque tais corpos possuem poros, invisíveis devido a seu pequeno tamanho, mas próximos e alinhados em filas; e os corpos mais transparentes seriam aqueles em que os poros fossem mais freqüentes e regulares. (ARISTÓTELES, *Sobre a geração e a corrupção*, livro I, cap. 8, 324b 27-32).

No entanto, para Aristóteles, a luz e o som não são corpos materiais e portanto não precisam de espaços vazios para atravessar os corpos. A impenetrabilidade só se aplica a corpos materiais.

Até aqui, vimos que Aristóteles tenta combater os argumentos favoráveis ao vácuo. Por outro lado, ele apresenta argumentos novos, que procuram mostrar a necessidade de se acreditar em um universo totalmente cheio de matéria, sem vazios.

Os argumentos dinâmicos de Aristóteles a favor do "plenum" se referem à teoria dos movimentos locais. Em primeiro lugar, utiliza um argumento de simetria para tentar mostrar que no vácuo não pode existir movimento em uma direção determinada. O argumento supõe que a causa de um movimento violento é externa (isso é parte do próprio conceito de movimento violento) e que, no vácuo, não existe causa nenhuma (pois ele é vazio).

> Dizem que o vazio deve existir para que exista movimento; mas o que aparece, se estudarmos o assunto, é o oposto: que nenhuma coisa pode se mover se existe um vácuo. . . No vácuo as coisas devem estar paradas; pois não há um lugar para onde as coisas possam se mover mais ou menos do que para outro; pois o vácuo, sendo vazio, não possui diferenças.
>
> As coisas lançadas movem-se mesmo quando aquilo que lhes deu impulso não as toca mais — seja por motivos de substituição mútua, como alguns mantém, ou porque o ar, que foi empurrado, empurra-as com um movimento mais rápido do que a locomoção dos projéteis . . . Mas em um vácuo nenhuma dessas coisas pode ocorrer, e nada pode se mover exceto se for movida ou carregada.
>
> Além disso, ninguém poderia dizer por que uma coisa, uma vez colocada em movimento, deveria parar em algum lugar; pois por quê ela pararia aqui e não ali? Portanto, uma coisa ou ficaria em repouso ou se moveria ao infinito, a menos que algo mais poderoso entrasse em seu caminho.

> Além disso, pensa-se que as coisas se movem no vácuo porque ele não tem resistência; mas em um vácuo esta qualidade está presente igualmente em todas as partes e assim as coisas deveriam se mover em todas as direções. (ARISTÓTELES, *Física*, 214b 28 – 215a 24).

Outro argumento faz uso da suposição de que a velocidade de queda de um corpo é inversamente proporcional à resistência de seu movimento; no vácuo (resistência nula), a velocidade dos corpos deveria ser infinita, o que é impossível (um corpo não pode estar em vários lugares diferentes ao mesmo tempo). No trecho transcrito a seguir, foi utilizada uma notação moderna, para tornar mais claro o raciocínio utilizado.

> Por outro lado, a verdade do que afirmamos torna-se clara a partir das seguintes considerações. Vemos que um mesmo peso ou corpo move-se mais depressa do que outro por duas razões: ou porque há uma diferença naquilo através do qual eles se movem — como através da água, ar ou terra — ou porque, sendo outras coisas iguais, os corpos que se movem diferem uns dos outros por um excesso de peso ou de leveza.
>
> Ora, um meio causa uma diferença porque ele impede o movimento da coisa — principalmente se ele se mover em direção oposta, mas em um grau inferior mesmo se ele estiver parado . . .
>
> (Suponha que um corpo) A se move através (do meio) B no tempo C e atravesse D, que é mais rarefeito, no tempo E, proporcional à densidade do corpo resistente, sendo os comprimento de B e D iguais.
>
> [C/E = B/D ou $t_1/t_2 = d_1/d_2$]
>
> Seja B a água e D o ar. Então, assim como o ar é mais rarefeito e mais incorpóreo do que a água, o corpo A se moverá através de D (o ar) mais rapidamente do que através de B (a água). Suponhamos então que a velocidade tem para a velocidade e mesma razão que a água para o ar.
>
> [$v_1/v_2 = d_2/d_1$]
>
> Então, se o ar fosse duas vezes mais rarefeito, o corpo atravessaria B no dobro do tempo em que atravessa D, e o tempo C seria o dobro do tempo E. E sempre, quanto mais um meio é incorpóreo, menos resistente, e mais facilmente dividido, mais rápido o movimento.
>
> Ora, não existe uma razão em que o vazio é excedido por um corpo, assim como não existe uma razão entre zero e um número . . . Da mesma forma, o vazio não pode manter uma razão para com o pleno, e portanto também não pode (existir uma razão entre) o movimento em um para o movimento no outro; mas se uma coisa se desloca no meio mais denso tal e tal distância em tal e tal tempo, ele se moverá através do vácuo com uma velocidade além de qualquer razão (ARISTÓTELES, *Física*, livro IV, cap. 8, 215a 24-215b 23).

O raciocínio de Aristóteles é interessante. Se as velocidades de queda fossem realmente inversamente proporcionais às densidades do meio, a velocidade de queda no vácuo seria "infinita" (excederia qualquer razão) e isso é impensável, para a mente grega.

Há ainda outros argumentos dinâmicos de Aristóteles contra o vácuo, mas não iremos apresentá-los.

4 A ANTIGÜIDADE, APÓS ARISTÓTELES

Apesar da importância de Aristóteles e do poder de sua argumentação, vários pensadores posteriores continuaram a manter a defesa do vácuo. Dentre eles, vamos descrever as idéias do atomista Lucretius (1º século D.C.).

No texto de Lucretius, a argumentação a favor do vácuo é essencialmente a seguinte (*De rerum natura*, livro I, 329-369):

a) Se não houvesse espaço vazio, as coisas não se moveriam, pois estariam bloqueadas por todos os lados; porém, elas se movem; logo, existem espaços vazios.

b) Mesmo em coisas que parecem sólidas e cheias existem vazios, pois a água atravessa a rocha das cavernas, o alimento se distribui pelo corpo dos animais e plantas, a voz atravessa paredes, o frio penetra o corpo até os ossos — e nada disso poderia ocorrer sem a existência de vazios. Em outro local, Lucretius reitera que o suor atravessa nosso corpo, os pêlos crescem, o frio e o calor atravessam o bronze, ouro e prata, os cheiros atravessam sólidos, etc. (*De rerum natura*, livro VI, 936-958).

c) Existem coisas de diferentes pesos, apesar de ocuparem o mesmo espaço; isso indica que algumas são mais vazias do que outras.

Tendo já estudado as críticas de Aristóteles, é fácil ver que Lucretius não prova a existência de vazios, através desses argumentos. Todos eles já eram conhecidos. Lucretius não discute os argumentos opostos de Aristóteles, contra o vácuo.

No entanto, há algumas coisas novas. Como vimos, Platão e Aristóteles defendiam a idéia de um "pleno" e o movimento dos corpos se daria por deslocamento mútuos de matéria. Discutindo a visão de Platão e Aristóteles — sem citá-los — Lucretius discute o *início* do movimento de um peixe: ele não pode começar a se mover se não houver um local vazio para onde ele possa se mover; e a água não começará a se mover antes que o peixe se mova; se tudo está completamente cheio, conclui Lucretius, o movimento não pode começar (*De rerum natura*, livro I, 370-385).

O argumento é interessante; mas para respondê-lo basta aceitar que a matéria é *compressível* — um fato aceito por todos, na época. Ao começar a se mover, um corpo precisa apenas comprimir a matéria à sua frente.

Lucretius aponta também um modo de *produzir* um espaço vazio: se dois corpos achatados e grandes (como duas placas de mármore) estão em contato e são bruscamente separados, será impossível que o ar penetre instantaneamente até o ponto central das placas; portanto, haverá (pelo menos durante algum tempo) um vácuo entre as placas (*De rerum natura*, livro I, 386-397).

Este argumento das placas será, posteriormente, discutido em mais detalhe.

Na antigüidade,no entanto, o autor que mais claramente defendeu a existência do vácuo, com argumentos empíricos, foi Heron de Alexandria. Na "Introdução" da sua obra *Pneumatica*, sua defesa aproxima-se bastante da visão moderna. Por isso, vale à pena transcrever um longo trecho dessa obra:

> Alguns afirmam que não existe o vazio; outros que, embora não exista um vazio contínuo na natureza, ele pode ser encontrado distribuído em minúsculas porções no ar, água, fogo e todas as outras substâncias. Adotamos essa última opinião, que demonstraremos ser verdadeira a partir de fenômenos sensíveis.
>
> . . .
>
> Não se deve portanto supor que existe na natureza um vácuo distinto e contínuo, porém que ele está distribuído em pequenas medidas através do ar, água e outros corpos. Apenas a pedra adamantina talvez não tenha essa qualidade, pois não admite fusão ou fratura e, quando martelada sobre uma bigorna, enterra-se nela completamente. Essa peculiaridade, no entanto, é devida a sua excessiva densidade; pois as partículas do fogo, sendo mais grossas

do que os espaços vazios da pedra, não passam através dela, mas apenas tocam a superfície externa; conseqüentemente, como não penetram nela, como o fazem em outras substâncias, não resulta nenhum calor.

As partículas do ar estão em contato umas com as outras, no entanto não se encaixam e encostam em todos os pontos; há espaços vazios entre elas, como na areia da praia: os grãos de areia devem ser imaginados como correspondendo às partículas do ar e o ar entre os grãos de areia aos espaços vazios entre as partículas do ar. Portanto, quando alguma força lhe é aplicada, o ar se comprime e, contrariamente à sua natureza, cai em espaços vazios pela pressão exercida sobre suas partículas. Mas, quando a força é retirada, o ar retorna a sua posição primitiva pela elasticidade de suas partículas, como ocorre com raspas de osso e esponjas, as quais, quando comprimidas e depois liberadas, retornam à mesma posição e mostram o mesmo tamanho. De modo semelhante, se pela aplicação de força as partículas do ar são separadas e é produzido um vácuo maior do que natural, as partículas se reúnem, posteriormente; pois os corpos se movem rapidamente através do vácuo, quando nada os repele ou obstrui, até estabelecerem contato. Assim, se um recipiente leve com uma boca estreita for tomado e aplicado aos lábios, sugando-se e retirando o ar, o recipiente ficará suspenso dos lábios e o vácuo puxará a carne para si, a fim de que o espaço vazio possa ser preenchido. É evidente a partir daí que havia um vácuo contínuo no recipiente. O mesmo pode ser mostrado pelas taças em forma de ovo usadas pelos médicos, que são feitas de vidro e possuem bocas estreitas. Quando desejam preenchê-los com um líquido, sugam o ar aí contido, colocam o dedo sobre a boca dos recipientes e os invertem no líquido; então, retirando o dedo, a água é puxada para o espaço vazio, embora o movimento ascendente seja contrário à sua natureza. A operação das ventosas é muito semelhante; quando aplicadas ao corpo, não só não caem, mesmo se forem de peso considerável, mas até mesmo puxam a matéria contígua para elas, através das aberturas do corpo. A explicação é que o fogo colocado dentro delas consome e rarefaz o ar que contêm, . . . Quando, portanto, é consumido e rarefeito pelo fogo, o ar das ventosas sai pelos poros laterais do vidro e o espaço interno se esvazia e atrai para si a matéria adjacente, seja de que tipo for . . .

Portanto, aqueles que afirmam a inexistência do vácuo podem inventar muitos argumentos sobre esse assunto e talvez pareçam discursar plausivamente, embora não ofereçam prova tangível. Se, no entanto, for mostrado por fenômenos sensíveis que existe um vácuo contínuo que pode ser produzido artificialmente; que existe também um vácuo natural, porém dividido em minúsculas porções; e que pela compressão os corpos preenchem esses vácuos espalhados; então, aqueles que apresentam tais argumentos plausíveis sobre esse assunto não poderão mais sustentar-se.

Além disso, pode-se perceber que existem espaços vazios pelas seguintes considerações: se não existissem esses espaços, nem luz, nem calor, nem qualquer outra força material poderia penetrar através da água, do ar ou de outros corpos. Como poderiam os raios do Sol, por exemplo, penetrar através da água até o fundo do recipiente? Se não existissem poros no fluido e os raios empurrassem a água por sua força, a conseqüência seria que recipientes cheios transbordariam, o que , no entanto, não ocorre. Além disso, se os raios empurrassem a água para os lados, não ocorreria que alguns fossem refletidos e outros penetrassem [a superfície da água]; mas de fato os raios que colidem com as partículas de água são devolvidos e refletidos, enquanto os que encontram os espaços vazios, encontrando apenas poucas partículas, penetram até o fundo do recipiente.

Também é claro que existem espaços vazios na água a partir disto: quando se derrama vinho na água, vê-se que ele se espalha por todas as partes da água, o que não faria se não houvesse vazios na água. Além disso, uma luz atravessa outra; pois, quando várias lâmpadas estão acesas, todos os objetos ficam brilhantemente iluminados, passando os raios em todas as direções, uns através dos outros. E é realmente possível penetrar através do bronze, ferro e todos os outros corpos, como se vê no exemplo do *Torpedo* marinho. (HERON DE ALEXANDRIA, *Pneumatica*, livro I, Introdução; *apud* COHEN & DRABKIN, *Source book*, pp. 248-54).

Heron apresenta, nesse texto, vários argumentos importantes. A possibilidade de rarefação e compressão do ar é muito difícil de entender sem a idéia de vácuo; além disso, a difusão do vinho na água também é de difícil explicação sem vácuos intersticiais. Outros argumentos, relativos à passagem da luz, calor e descarga elétrica (do *Torpedo*) pela matéria, não são tão fortes, pois pode-se negar (como faz Aristóteles) a materialidade da luz e desses outros efeitos.

5 O VÁCUO NA IDADE MÉDIA

Durante a Idade Média, o estudo das obras de Aristóteles trouxe de volta a discussão da possibilidade do vácuo. Entre os árabes, encontramos em Avicena (Ibn Sina), no século XI, uma discussão do tema. Seguindo de perto o pensamento de Aristóteles, Avicena examina a noção de espaço e de vazio, procurando mostrar *a priori* e, depois, por evidências empíricas, que ele não pode existir. Citaremos apenas as últimas:

> As provas da inexistência do vácuo são numerosas.
>
> A água se mantém no tubo retentor quando seu orifício superior é tapado, pois a água não pode se separar do recipiente, já que o espaço [do interior do recipiente] não pode permanecer vazio e as superfícies dos corpos não podem se separar a não ser colocando-se algo no lugar.
>
> O mesmo ocorre no sifão: quando a água corre de uma estremidade desse tubo, ela não pára mais, pois se ela se escoasse de um lado e a água não subisse pelo outro lado, seria produzido o vácuo; portanto, necessariamente, a água que desce por essa extremidade atrai a água da outra extremidade, pois a parada da água não pode ser produzida senão por algo que intervenha.
>
> A ventosa dos barbeiros puxa a pele para dentro dela porque ele puxa o ar ao aspirá-lo e porque o ar não pode se separar da pele, a menos que entre no espaço uma outra coisa; é por isso que a ventosa puxa a pele.
>
> Que se coloque um copo exatamente dentro de um almofariz, de modo que nada possa entrar entre um e outro; o copo erguerá o almofariz.
>
> Os engenheiros fazem outras experiências e as fundamentam todas sobre a inexistência do vácuo. (AVICENNE, *Le livre de Science*, vol. 2, pp. 26-7).

Esses exemplos, que Avicena não alega serem originais, parecem indicar que, entre os técnicos, a idéia da impossibilidade do vácuo era aceita sem discussão.

Uma posição semelhante, de negação do vazio a partir de experiências, é apresentada por Jean Buridan (século XIV):

> Nas ciências naturais, deve-se aceitar como um princípio toda proposição universal que possa ser provada por indução experimental, tal como quando em muitos exemplos particulares algo claramente é assim e em nenhum exemplo deixou de sê-lo. Pois Aristóteles coloca muito bem que muitos princípios devem ser aceitos e conhecidos pelos sentidos, memória e experiência. . .
>
> Através de tal indução experimental, parece-nos que nenhum lugar é um vácuo, pois em todos os lugares encontramos algum corpo natural, como o ar, a água, ou algum outro. Mas mostremos pela experiência que não podemos separar um corpo de outro a menos que surja entre eles um outro corpo. Se todos os furos de um fole fossem fechados perfeitamente de modo que não possa entrar o ar, não poderíamos nunca separar suas superfícies. Nem mesmo vinte cavalos poderiam fazê-lo, se dez puxassem de um lado e dez do outro;

eles não separariam as superfícies do fole a menos que algo o perfurasse ou atravessasse e outro corpo pudesse se colocar entre as superfícies.

Coloque-se um [canudo de] junco, com uma extremidade no vinho e a outra na boca. Sugando o ar do canudo, atrai-se o vinho para cima, embora ele seja pesado. Isso acontece porque é necessário que algum corpo sempre venha logo depois do ar que é sugado para cima, para evitar a formação de um vácuo. Devemos, portanto, admitir que um vácuo não é naturalmente possível, como se conhece pelo método adequado para assumir e admitir princípios na ciência natural. (BURIDAN, *Questiones super octo physicorum libros Aristotelis*, livro IV, q. 8, fol. 73 verso, col. 1 – *apud* GRANT, *Source book in medieval science*, p. 326).

Note-se que uma das "experiências" de Buridan é imaginária: vinte cavalos, atados a um fole, iriam desfazê-lo em pedaços. Aceitando que o vácuo não pode existir, Buridan *infere* o resultado de um experimento hipotético. Quanto ao exemplo do canudo, é semelhante ao das ventosas e outros descritos anteriormente. É um forte argumento, pois não se pensava, na época, que o líquido pudesse ser empurrado pela pressão do ar externo.

É importante observar que Buridan de forma nenhuma era um cego seguidor de Aristóteles. Em muitos pontos, Buridan se afastou da tradição e antecipou a ciência moderna (como na idéia de *ímpeto*, por exemplo). Sua defesa da impossibilidade do vácuo mostra que, a uma mente lúcida e bastante livre de preconceitos, esses argumentos pareciam extremamente fortes.

Não havia, no entanto, unanimidade. Exatamente na mesma época, Nicholas de Autrecourt (séc. XIV) defendia a existência do vácuo no interior dos corpos.

A discussão de Nicholas de Autrecourt sobre o vácuo é bastante longa e detalhada. Faz parte de um tratado, "Exigit ordo executionis" que só foi publicado 50 anos atrás, a partir de um manuscrito (O'DONNELL, 1939).

Inicialmente, na parte de seu tratado que se refere ao vácuo (O'DONNELL, 1939, p. 217ss), Nicholas discute a relação entre o movimento e a existência de espaços vazios. Ele mantém que, para que um corpo se mova no ar, é necessário que o ar à sua frente se condense; e que essa condensação pode ocorrer porque existem vazios no ar. Para exemplificar essa idéia, Nicholas apresenta um interessante exemplo: o aumento de volume do vinho novo (devido à fermentação):

Pode-se adicionar outro argumento sobre o vinho novo (*musto*) que está em uma jarra; quando se rarefaz, aparenta ter maior quantidade, mas não houve geração de uma nova qualidade . . . nem adição de novos corpos, mas deve-se ver apenas que as partes próximas, que estavam como espremidas, agora se separam e ficam mais distantes umas das outras. (NICHOLAS, *Exigit ordo executionis* in: O'DONNELL, 1939, p. 218, 11-15).

No entanto, Nicholas nega a existência de vácuos extensos e utiliza o exemplo da "Clepsidra". Esse instrumento, já conhecido por Aristóteles (*Sobre a respiração*, cap. 7, 473b 9; *Problemata*, livro XVI, cap. 8, 914b 9), consiste em um recipiente oco, com perfurações embaixo e uma abertura na parte superior. Colocando-se a clepsidra na água, ela se enche; depois, tampando a abertura superior, ela pode ser retirada da água, mantendo-se cheia – só se esvazia quando a abertura superior é destampada.

> Outros argumentos para a negação do vácuo são adicionados, como certas experiências naturais que não veríamos ocorrer a não ser pela impossibilidade do vácuo. A primeira é a da clepsidra, um vaso que possui abertura abaixo e acima e repleto de água; se mantemos o dedo acima (na abertura), a água não sai, embora possua a natureza de descer; se ele for removido, desce. E que não desça no primeiro caso, não vemos [explicação] a não ser para evitar o vácuo (*fuga vacui*), pois haveria um vácuo se (a água) saísse, pois, estando em cima fechado, nenhum outro corpo pode entrar por aí; nem por baixo, pois então dois corpos estariam ao mesmo tempo no mesmo lugar, o que é impossível. Diga-se que esta razão não se aplica contra a conclusão que mantemos [dos vácuos intersticiais], pois não supusemos que seja possível existir tal vácuo separado que haveria se a água fosse removida (NICOLAS, *Exigit ordo executionis*, in: O'DONNELL, 1939, p. 219-20).

É interessante que Nicholas afirma "ter ouvido uma resposta sutil" a esse argumento: a água não fluiria da clepsidra por um outro motivo e não para evitar o vácuo: a causa do fenômeno seria que o universo todo está cheio e que, se a água saísse sem que algo entrasse na clepsidra, essa água teria que ocupar um espaço que já estava cheio. A explicação seria, portanto, a impenetrabilidade dos corpos. Mas Nicholas afirma preferir a primeira explicação.

A situação era, aparentemente, muito confusa. Eram aceitas, na discussão, descrições de fatos que, atualmente, não parecem plausíveis. Os adversários do vácuo alegavam que uma bexiga inflada não pode ser comprimida e que deveria poder sê-lo, se houvesse espaços vazios no ar. Concluiam daí que não existem vácuos no ar. O fato alegado, é claro, não é verdadeiro. No entanto, Nicholas de Autrecourt o aceita como verdadeiro e tenta explicá-lo (NICHOLAS, *Exigit ordo executionis*, in: O'DONNELL, 1939, p. 220).

Outras interessantes experiências imaginárias são discutidas por vários autores. Marsilius de Inghen (séc. XIV), que nega a possibilidade do vácuo, descreve a seguinte:

> Seja um corpo internamente côncavo [e fechado] . . . e cheio de ar. Este corpo, portanto, cheio de ar, é colocado na água ou em algo que esteja intensamente frio, de tal modo que o ar contido no recipiente se condense, pois o frio provoca condensação. Portanto, o ar ocupará um menor espaço do que antes e, conseqüentemente, haverá um vácuo. Deve-se no entanto responder que é impossível que o ar nesse corpo se condense pelo frio, por mais frio que esteja, a menos que o recipiente se quebre ou exista uma abertura nele através da qual outro corpo possa entrar (MARSILIUS, *Questiones . . . super octo libros Physicorum*, livro IV, q. 13, *apud* GRANT, *Source book in medieval science*, pp. 327-8).

6 PSEUDO-EXPERIMENTOS SOBRE O VÁCUO NO RENASCIMENTO

Posteriormente, a situação continuou igualmente confusa, como mostra muito bem o artigo de Schmitt, a respeito das discussões sobre o vácuo no século XVI (SCHMITT, 1966). Francisco de Toledo, por exemplo, usava o argumento do fole, afirmando que é impossível abrir um fole tampado e que, se for aplicada uma força muito grande, ele se quebrará antes de haver uma separação de seus lados. Ao que Bernardino Telesio, defensor do vácuo, afirmava que o fole não se quebraria, se fosse "grosso e pesado", podendo então ser aberto por uma grande força (SCHMITT, 1966, p. 355-6). Francisco Patrizi, também defensor da possibilidade do vácuo, afirma a possibilidade de um experimento que nos parece inviável:

> Se uma bolsa cheia de água for espremida, a água sairá e a bolsa permanecerá comprimida. Amarre-se então sua boca, através da qual saiu a água, tão fechada quanto possível. Feito isso, estique-se a bolsa com as mãos. Ela seguirá as mãos e assim o espaço interno se tornará maior; e como nem ar, água ou qualquer outro corpo entrou nela através da boca fechada, quem duvidará que o espaço interno está vazio de todo corpo? E assim, através do emprego de instrumentos naturais e artificiais, os próprios sentidos, a observação e o raciocínio deles tirados mostraram muito claramente que existem e podem existir vácuos e espaços vazios no mundo (PATRIZI, *Pancosmia*, livro I, 63b; in BRICKMAN, 1943, p. 234).

Em princípio, acreditamos que um experimento como este é realizável; mas como fechar bem a boca da bolsa de água? e como agarrar seus lados firmemente, para poder abri-la, já que seria necessária uma grande força? Mais uma vez, trata-se de um experimento imaginário.

Outro tipo de situação, bastante discutida, é uma nova versão do experimento descrito anteriormente por Marsilius de Inghen. Discutia-se o que ocorreria se um recipiente fechado, totalmente cheio de água, fosse resfriado de tal modo a congelar a água. Acreditava-se que a água, ao se congelar, se contraía; e discutia-se se seria formado um espaço vazio no recipiente. Francisco de Toledo admitia que a água se congelaria e que diminuiria de volume, mas que o espaço livre não ficaria vazio e sim cheio de "vapores sutis". Por outro lado, outros opositores do vácuo afirmavam que o recipiente se quebraria, se a água se congelasse; ou que a água não se solidificaria, para evitar o surgimento do vácuo (SCHMITT, 1966). Telesio e Patrizi, pelo contrário, afirmavam que haveria congelamento e formação de vácuo:

> Se enchermos uma jarra com água, óleo ou vinho e a fecharmos bem no topo, expondo-a a uma temperatura extremamente baixa no inverno, o líquido congelará e fará parte da jarra ficar vazia. Todas essas coisas cada um pode experimentar por si próprio. E assim, através desses vários experimentos, é estabelecida a possibilidade do espaço vazio . . . (PATRIZI, *Pancosmia*, livro I, 63 b; in BRICKMAN, 1943, p. 234).

Nenhum dos autores percebeu que o gelo, sendo menos denso do que a água (pois flutua nela — pensem no princípio de Arquimedes), ocuparia *mais* espaço. Como sabemos, se a experiência fosse feita, o resultado mais comum seria que a água se congelaria e o recipiente se quebraria, mas pela expansão da água e não para evitar o vácuo.

Outro experimento muito discutido era o da clepsidra. Telesio e Patrizi utilizaram o experimento a favor do vácuo, afirmando que, se a clepsidra tiver furos grandes embaixo, a água sairá, produzindo um vácuo dentro; afirmam também que, se a clepsidra estiver cheia de areia fina, ou óleo, ou mel, eles sairão pelos orifícios da clepsidra, pois "são mais pesados do que a água". É claro que eles não devem ter tentado todos esses experimentos, pois o óleo e o mel não fluirão pelos orifícios.

Muitas vezes, Aristóteles e seus seguidores foram ridicularizados (por Galileo e outros) porque descreviam fatos que não podiam ter observado. Como se vê por esses exemplos, os adversários de Aristóteles caíam no mesmo erro. Descreviam fatos imaginários, ao invés de interrogar a natureza pela observação e pelo experimento.

7 NEGAÇÃO DO VÁCUO NO SÉCULO XVII: BACON E DESCARTES

Não se deve supor que apenas pensadores fortemente dependentes da tradição negavam o vácuo. Para dar um exemplo de um pensador "progressista" e que, em geral, se opõe à tradição, pode-se indicar Francis Bacon, que não aceitava os argumentos dos atomistas:

> . . . não podemos determinar com certeza se existe um vácuo, seja extenso ou misturado à matéria. No entanto, estamos convencidos de que é falsa a razão indicada por Leucipo e Demócrito para a introdução de um vácuo (a saber, que de outra forma o mesmo corpo não poderia compreender e preencher espaços maiores e menores). Pois é claro que existe um dobramento (*folding*) da matéria, que se embrulha e desembrulha no espaço dentro de certos limites, sem a intervenção de um vácuo. Também não existe duas mil vezes mais vácuo no ar do que no ouro, como deveria haver, de acordo com essa hipótese; fato esse que é demonstrado pelas energias muito poderosas dos fluidos (que, de outra forma, flutuariam como um fino pó no vácuo) e muitas outras provas. (BACON, *Novo organum*, livro II, af. 48; p. 187).

Em outros pontos de sua obra, Bacon parece também aceitar a idéia do "horror ao vácuo", que descreve sem criticar:

> . . . o movimento de conexão pelo qual os corpos não permitem ser separados em ponto nenhum do contato de outro corpo, deliciando-se, por assim dizer, no mútuo contacto e conexão. Isso é o que as escolas chamam de um movimento para prevenir o vácuo. Ocorre quando a água é puxada por sucção ou por uma seringa, a carne por ventosas, ou quando a água permanece sem escapar de jarras perfuradas, a menos que a boca seja aberta para deixar entrar o ar, assim como inúmeros exemplos de natureza semelhante (BACON, *Novum organum*, livro II, af. 48; p. 180).

O maior representante, no século XVII, da oposição ao vácuo, é, sem dúvidas, René Descartes. Suas idéias ganharão uma forma clara e sistemática, paradoxalmente, na mesma época em que Torricelli fará seu famoso experimento barométrico. Mas vamos deixar os desenvolvimentos experimentais para a próxima seção e descrever, rapidamente, as concepções de Descartes.

Na segunda parte de seus *Princípios da Filosofia* (editado em latim em 1644 e em francês em 1647), Descartes discute a natureza dos corpos materiais. Defende a concepção de que não é o peso, a dureza, a cor ou outra propriedade sememelhante que caracteriza os corpos e sim sua *extensão*: largura, comprimento e profundidade. Pois não se pode pensar em um corpo sem extensão, embora se possa pensar em um corpo sem peso, sem calor, etc. (DESCARTES, *Principes de la philosophie*, 2ª parte, § 4). Em seguida, nega a existência de vazios nos corpos, dando uma explicação para a condensação e rarefação: um corpo aumenta ou diminui de tamanho quando "algo" entra ou sai de seus poros, como uma esponja na água, que pode aumentar ou diminuir de volume absorvendo ou expulsando o líquido (comparação já utilizada por Aristóteles). Esse "algo" que preenche os poros dos corpos materiais seria o éter – uma concepção de éter bem diferente da de Aristóteles, aliás, e que se assemelha à de Paracelsus (ver LENOBLE, *Mersenne*, p. 146). Mais adiante, Descartes defende a impossibilidade da existência de espaços vazios:

> Quanto ao vazio, no sentido que os Filósofos dão à essa palavra, ou seja, um espaço onde não existe nenhuma substância, é evidente que não existe nenhum ponto do espaço no universo que seja assim, pois a extensão do espaço ou do lugar interno não difere da extensão do corpo. E como, apenas por ser extenso em comprimento, largura e profundidade, podemos concluir que um corpo é uma substância (pois concebemos que não é possível que aquilo que nada é tenha extensão), devemos concluir o mesmo em relação ao espaço que se supõe vazio: ou seja, que, já que existe extensão nele, aí existe também necessariamente substância. (DESCARTES, *Principes*, 2ª parte, § 16).

Descartes discute, depois, uma questão que pode ser encontrada em autores medievais: poderia Deus produzir um espaço vazio? E responde negativamente:

> Quase todos nós fomos tomados por esse erro desde o começo de nossas vidas, pois, vendo que não há ligação necessária entre um vaso e o corpo que ele contém, pareceu-nos que Deus poderia retirar todo o corpo que está contido em um vaso e conservar esse vaso em seu próprio estado, sem que fosse necessário que nenhum outro corpo se substituísse no lugar daquele que teria sido retirado. Mas, para que possamos agora corrigir uma opinião tão falsa, observaremos que não existe ligação necessária entre o vaso e um corpo que o preenche, mas que ela é absolutamente necessária entre a forma côncava desse vaso e a extensão que deve estar contida nessa concavidade, de tal modo que é tão repugnante conceber uma montanha sem vale quanto tal concavidade sem a extensão que ela contém; e [é igualmente repugnante conceber] essa extensão sem alguma coisa extensa, pois o nada, como já foi observado muitas vezes, não pode possuir extensão. Por isso, se nos perguntarem o que aconteceria se Deus retirasse todo o corpo que está em um vaso, sem permitir que aí penetrasse um outro, responderemos que os lados desses vaso se encontrariam tão próximos que se tocariam diretamente. Pois é necessário que dois corpos se toquem quando não existe nada entre eles, já que seria contraditório que esses corpos estivessem afastados — ou seja, que houvesse distância de um até o outro — e que no entanto essa distância nada fosse: pois a distância é uma propriedade da extensão, que não poderia subsistir sem alguma coisa extensa (DESCARTES, *Principes de la philosophie*, parte 2, §18).

Embora, para nós, a visão de Descartes pareça bizarra e um mero jogo de palavras, há por trás dela uma lógica implacável. Não discutiremos aqui, no entanto, esse ponto, que foi abordado em um outro trabalho (ver MARTINS, *Em busca do nada*). Apenas enfatizaremos que Descartes em nenhum ponto de suas obras discute as evidências experimentais contra ou a favor do vácuo. Basta-lhe a razão, para ter certeza de que um espaço sem substância é impossível.

8 OS PRECEDENTES DE TORRICELLI: DENSIDADE E PRESSÃO DO AR

Costuma-se atribuir a Torricelli e a Pascal a derrota experimental da tradição e o início da crença racional no vácuo e na pressão atmosférica. Atribui-se a Galileo o início das especulações que levaram ao experimento de Torricelli. A história é, porém, muito mais complexa e envolve um número muito maior de atores. Uma boa parte dessa história foi desvendada por Cornelis de Waard, 50 anos atrás (WAARD, *L'expérience barométrique*).

Há duas linhas principais de investigação que conduzem ao barômetro. Uma é a idéia de que o ar tem peso e produz pressão e, por isso, efeitos físicos anteriormente atribuídos ao "horror ao vácuo". A outra é a descoberta de fenômenos em que um espa-

ço aparentemente vazio é de fato produzido e as conseqüentes investigações sobre sua natureza e causa.

Retornemos ao velho Aristóteles. Em um famoso trecho do "Sobre os céus", ele fala sobre o peso dos vários elementos e afirma:

> Todos os elementos, exceto o fogo, possuem peso; e todos possuem leveza, exceto a terra. A terra e os corpos nos quais ela predomina possuem peso em todos os locais; a água é sempre pesada, exceto na terra; e o ar é pesado quando não está na terra ou na água. Em seu próprio local, cada um desses corpos possui peso, até mesmo o ar — excetuando-se o fogo. A evidência disso é que uma bexiga cheia pesa mais do que quando vazia (ARISTÓTELES, *Sobre os céus*, livro IV, cap. 4, 311b 4-11).

De acordo com nossos conhecimento atuais, uma bexiga cheia de ar, no ar, apenas apresentará um peso maior do que vazia se o ar estiver comprimido (mais denso) dentro dela. É difícil saber se Aristóteles tinha condições de observar essa diferença. Sabe-se, no entanto, que Simplicios tentou repetir a experiência, sem sucesso (DUHEM, 1906, p. 769). Em seu comentário ao *Sobre os céus*, Simplicios supõe que Aristóteles cometeu um erro e que, ao soprar a bexiga, introduziu umidade, além do ar — o que produziu um aumento do peso.

Essa questão foi muito discutida na Idade Média, mas, aparentemente, nenhum autor procurou repetir a experiência ou utilizar sua idéia para determinar o peso (ou densidade) do ar. Gerolamo Cardano, no século XVI, tentará medir a densidade do ar através de um princípio totalmente diferente: pela sua resistência ao movimento. Seguindo, com poucas diferenças, as idéias de Aristóteles, Cardano supõe que se dois móveis de mesmo tamanho e forma caem com igual velocidade em dois meios diferentes, os pesos desses dois móveis serão proporcionais aos quadrados das densidades dos meios. Baseando-se, depois, em dados experimentais, afirma que a densidade da água é 50 vezes maior do que a do ar (DUHEM, 1906, p. 770). Mais tarde, como veremos, Mersenne retomará esse problema.

No início do século XVII, algumas pessoas já pensavam sobre o peso do ar e a pressão atmosférica. Um deles foi Isaak Beeckman, um holandês, que é bem conhecido pelos seus trabalhos com Descartes. Em um diário que manteve durante sua vida, Beeckman escreveu, em 1614:

> Qual é a razão pela qual os corpos se movem em qualquer direção, de tal forma a evitar a existência de um vazio na natureza? Respondo: ocorre que o ar, do mesmo modo que a água, pressiona as coisas e as comprime de acordo com a altura do ar acima. Mas algumas coisas permanecem imperturbadas e não se movem porque são igualmente comprimidas por todos os lados pelo ar sobre elas, assim como nossos mergulhadores são comprimidos pela água. Mas as coisas se precipitam para um espaço vazio com grande força, por causa da imensa altura do ar acima, e desse modo surge o peso. Mas não se diz que o ar é pesado, pois caminhamos nele sem nada sofrer, como os peixes se movem na água, sem sofrer compressão (BEECKMAN, *Journal tenu par lui de 1604 à 1634*, vol. I, p. 36; *apud* MIDDLETON, *History of the barometer*, p. 6).

As idéias de Beeckman eram, em muitos pontos, semelhantes às atuais. Ele compara o ar a uma esponja, que pode ser comprimida mas tenta voltar a seu estado inicial, sen-

do elástica; sabia que o ar era muito mais compressível do que a água; e aplicou suas idéias para explicar o funcionamento das bombas de água: elas sugam o ar dos canos, reduzindo aí a pressão e, como a atmosfera pressiona a água fora do cano, ela é forçada a subir.

Beeckman não se baseava em nenhum fato novo. Pode-se dizer que estava apenas aplicando ao ar aquilo que se conhecia sobre os líquidos — já que a hidrostática estava bem desenvolvida desde Arquimedes, tendo, aliás, recebido um grande avanço graças a outro holandês, Simon Stevin, no século XVI. No entanto, não se pode negar o mérito de Beeckman. Pode-se compará-lo a Galileo que, na mesma época, era incapaz de pensar sobre a pressão do ar. Em 1612 e 1615, Galileo negava que a água e o ar pressionassem os corpos em seu interior (MIDDLETON, *History of the barometer*, p. 5).

É provável que Beeckman tenha influenciado Descartes que, apesar de não aceitar o vácuo, admitia a idéia da pressão atmosférica, como se verá adiante. Vê-se que ele manteve durante muito tempo essas idéias, pois Beeckman escreve a Gassendi, em 1629:

> Mostrei que o ar é pesado, que ele nos pressiona de todos os lados de um modo uniforme, de modo que não sofremos por essa pressão e que essa gravidade é a causa daquilo que se chama horror ao vazio . . . O ar repousa sobre as coisas como a água e as comprime de acordo com a altura do fluido que ela suporta . . . as coisas se precipitam com grande poder para um lugar vazio, por causa da grande altura do ar que está acima delas e pelo que daí resulta (BEECKMAN, *Mathematico-physicarum meditationem*, p. 13, 45; *apud* DUHEM, 1906, p. 773).

Nessa mesma época, Jean Rey estudava a questão do peso do ar, porém a partir de outro tipo de preocupação: explicar as variações de peso ocorridas em reações químicas. Antecipando-se a Lavoisier, Rey estabeleceu em 1630 que o aumento de peso dos metais calcinados devia-se ao ar que se combinava com o metal (REY, *Essays*).

Na mesma obra, Rey afirma que é em virtude do peso do ar que ele preenche os poços e cavernas, exercendo sua pressão em todos os sentidos. Mersenne, que lê o livro de Rey, escreve-lhe uma carta em setembro de 1631, criticando essa idéia:

> Quanto ao que adicionais, que o ar apenas desce nos poços ou cavernas por causa de seu peso, essa não é a verdadeira causa. Pois ele entra e preenche igualmente os buracos feitos para cima . . . e dir-vos-ão que isso ocorre por sua leveza, pois ele sobe, já que não é senão uma multidão de pequenas partículas que se exalam da terra e da água, sem o que existiria apenas o vazio. Essa opinião é aceita por muitos.
>
> Não é que eu creia que a fuga ao vácuo seja a causa eficiente desse movimento do ar que vai preencher os furos; também não creio que seja sua causa final, pois aquilo que não existe e que não pode existir não pode, em minha opinião, ser causa final.
>
> Mas penso que a causa desse preenchimento do ar, tanto para o alto quanto para baixo, vem do equilíbrio que a natureza retoma; pois a terra tirada das cavernas ocupa um lugar no ar e o empurra e obriga a descer ao lugar de onde foi tirada: de outra forma, seria preciso que o ar, que estava antes no espaço ocupado (agora) pela terra removida, desaparecesse, ou ocupasse o espaço de um outro ar por penetração, ou que empurrasse um (volume) igual de ar para os espaços imaginários . . . (MERSENNE, *apud* DUHEM, 1906, pp. 771-2; cf. LENOBLE, *Mersenne*, p. 428).

Como se vê, Mersenne ainda não tinha uma idéia clara da pressão atmosférica. A resposta de Jean Rey a essa carta mostra que também ele, embora mais próximo da concepção atual, não percebia todas as suas conseqüências:

> . . . Dizeis que me dirão que o ar, que preenche os furos feitos para cima . . . deve ser considerado leve, pois sobe. Mas eu lhes diria que deve-se, pela mesma razão, dizer que a água é leve pois ela sobe em um barco pelos furos que são feitos em suas tábuas; ou . . . que sobe nos furos que se pode conceber serem feitos nas abóbadas das cavernas que existem sob as águas. Eles não admitirão isso, nem eu a eles o anterior. Tanto um quanto outro preenchimento se fazem pelo peso das partes mais elevadas do ar e da água, que pressionando as de baixo, as obrigam a empurrar as que estão próximas dos furos e os preenchem.
>
> Vós mesmos o confirmais sem pensá-lo, quando dizeis que isso provém do equilíbrio que a natureza retoma; isso é bem verdade e estou convosco até aí. Mas deve-se ir além e perguntar de onde vem esse equilíbrio. A isso respondo que é pelo peso, pois todo equilíbrio o pressupõe: quem fala em equilíbrio não fala senão em uma igualdade de peso . . .
>
> Suspenda-se uma prancha sobre a água, apenas tocando sua superfície; por mais que ela seja perfurada, não se verá jamais a água subir . . . porque não há nenhum corpo mais pesado em cima, que empurrando a obrigue a isso (REY, *apud* DUHEM, 1906, p. 772).

É claro que, na parte final, Rey se engana: colocando-se a prancha enconstada à água, supondo-se que ela é bem grossa e não deixa passar o ar por seu interior e furando-a de baixo para cima, a água subiria acima de seu nível normal, por causa da pressão do ar sobre a água. Rey percebe a pressão do ar, percebe a pressão da água mas não percebe que a pressão do ar sobre a água pode produzir efeitos ascendentes.

9 BALIANI E O SIFÃO INOPERANTE

Nessa mesma época, ocorre na Itália um evento que terá grandes conseqüências. Trata-se de um fato observado e explicado por Giovanni Batista Baliani (1582-1666), de Gênova. A contribuição de Baliani, que é pouco divulgada (embora conhecida pelos historiadores faz mais de um século), é comparável à de Torricelli.

Desde 1614, Baliani se correspondia com Galileo, que lhe escrevera a respeito do problema de pesar o ar, propondo soluções. Muito tempo depois, em 27 de julho de 1630, Baliani consultou Galileo sobre um fenômeno observado casualmente e que o perturbava. Desejava-se fazer passar água de um vale a outro, utilizando um longo sifão que subia uma colina cuja altura era de cerca de 20 metros (em unidades atuais). O vale onde estava a água ficava mais elevado do que o outro e parecia plausível que o sifão devia funcionar. Os dois lados do sifão foram enchidos com água, estando tampados embaixo. Depois, abrindo-se as bocas do sifão, para espanto de todos, a água saía pelos dois lados, simultaneamente, até cair toda. Também abrindo-se apenas o lado do sifão que ficava na fonte, a água descia até aproximadamente a metade do tubo, ficando então parada (GOVI, 1867). Baliani escreve a Galileo:

> Andei pensando se poderia ocorrer que o canal ou sifão possua alguns poros pelos quais não possa passar a água nem mesmo o ar, a não ser com grande violência; por isso, quando o tubo está cheio, a água pressiona tanto que faz tanta força [para sair] que o ar entra pelos poros que estão na parte superior, de modo que a água possa descer. . . sem que surja um

> vácuo. Tendo descido, portanto (aproximadamente à metade), restando no tubo apenas essa água, ela não tem a força de fazer tanta violência ao ar que possa forçá-lo a entrar pelos poros acima indicados. O tubo é de cobre. . . pesa 15 onças por palmo e por mais esforço que se faça não se pode ver que possua furos sensíveis. (BALIANI, *apud* GOVI, 1867, pp. 565-6).

Pouco depois de receber a carta de Baliani, Galileo lhe responde (6 de agosto de 1630), procurando explicar o fenômeno. A explicação dada por Galileo é muito diferente da moderna. Pode ser descrita da seguinte maneira: quando se tenta puxar a água em um sifão (ou em uma bomba de aspiração), a coluna de água que está sendo puxada no tubo se comporta como se fosse uma corda que está sendo erguida: se for muito comprida, ela se quebra e não pode mais subir. A altura máxima a que a água pode subir, de acordo com Galileo, é de 40 pés (cerca de 12 metros). Galileo acreditava, portanto, em uma força limitada do vácuo, que só podia produzir efeitos até certo ponto.

Já se sabia, na época, que as bombas aspirantes não podem elevar a água acima de um certo limite de altura. Salomon de Caus, ilustre engenheiro, descreveu o fenômeno em 1615 (e provavelmente já era bem conhecido antes, pela prática). No entanto, sua explicação era bem diferente. Quando se tenta aspirar água a uma altura superior a seu limite (cerca de 10 metros), ela pára de subir e o ar acima dela fica cada vez mais rarefeito. Com a redução da pressão acima da água, ela começa a ferver, desprendendo vapor d'água a baixa temperatura. O fenômeno do borbulhamento havia sido observado, mas interpretado de outra forma: como não se sabia que a água podia ferver à temperatura ambiente, imaginou-se que as bolhas formadas eram de ar; e que esse ar estava, na verdade, vindo de fora (da atmosfera) e atravessando a água, atraído pela bomba de sucção. Salomon de Caus imaginou que essa entrada do ar através da água fosse a causa que impedisse a bomba de funcionar além de certo limite:

> O ar passa através da água quando é pressionado . . . O ar, como foi dito, borbulhará através da água; há um acidente semelhante que ocorre nas bombas simples; é quando se quer forçar a água a subir mais alto do que permite a natureza da máquina; o ar entrará através da água, como será mostrado mais adiante . . . (SALOMON DE CAUS, *apud* DUHEM 1906, p. 778).

Chegamos agora ao ponto mais interessante do episódio do sifão de Baliani. Após receber a carta de Galileo, Baliani lhe escreve uma outra (26 de outubro de 1630) onde propõe uma nova explicação do fenômeno:

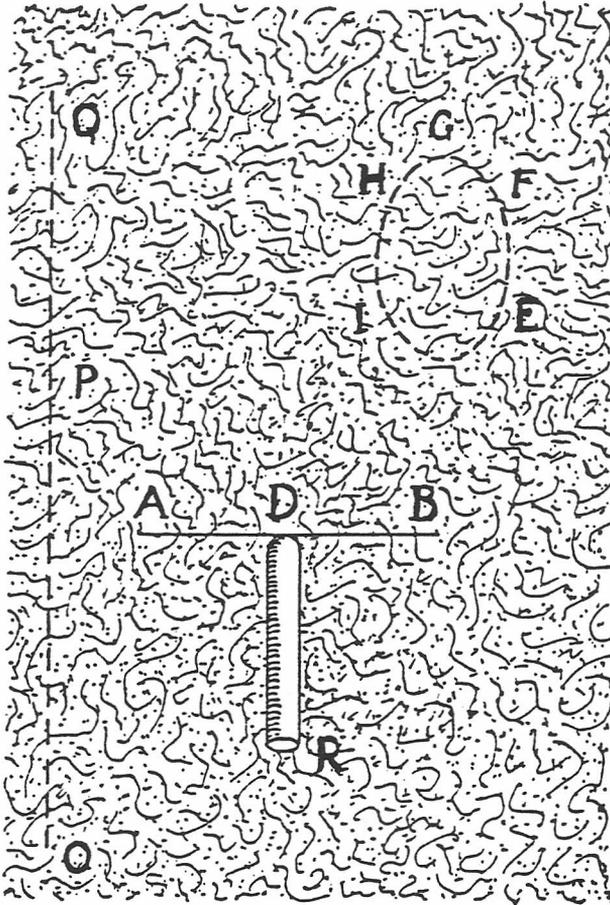
> Já não possuo a opinião vulgar de que o vácuo é impossível, mas não acreditava que se pudesse produzir o vácuo em tanta quantidade e tão facilmente. E para não deixar de lhe dizer minha opinião sobre isso, tenho acreditado que o vácuo pode ser produzido naturalmente desde a época em que encontrei que o ar tem um peso sensível e que Vossa Senhoria me ensinou em uma carta sua o modo de encontrar seu peso exato — embora até agora não tenha conseguido fazer essa experiência. Formei portanto nessa época esse conceito de que não é verdade que repugna à natureza das coisas a produção do vácuo, mas apenas que seja difícil que ele se forme e que não pode ser dado sem grande violência e que se pode encontrar quanto deve ser essa tal violência exigida para formar-se o vácuo. Para explicar-me melhor, já que, se o ar pesa, a única diferença entre o ar e a água é a quantidade, é melhor falar sobre a água, cujo peso é mais sensível, porque o mesmo deverá acontecer com o ar.

> Imagino-me, portanto, estar no fundo do mar, onde a água tenha a profundidade de dez mil pés — e, se não fosse preciso respirar, creio que poderia estar aí, embora me sentisse mais comprimido e pressionado por todos os lados do que estou agora; e por isso creio que não poderei estar no fundo de qualquer profundidade de água a qual, crescendo ao infinito, cresceria tanto essa compressão, em minha opinião, que meus membros não poderiam resistí-la. Mas, voltando, não sentirei outro trabalho pela dita compressão da água nem sentirei mais o peso da água do que aquele que percebo quando, entrando sob a água ao banhar-me no mar, tenho dez pés de água sobre a cabeça sem que sinta seu peso. Mas se eu não estivesse dentro da água, que me pressiona por todos os lados, e estivesse, não digo no vácuo, mas no ar, e se de minha cabeça para cima houvesse água, então sentiria um peso que não poderia sustentar senão se tivesse uma força proporcional a ele; de modo que, separando violentamente as partes superiores da água das inferiores, mesmo se aí não se formasse o vácuo mas entrasse o ar, de todo modo se exigiria força para separá-las — porém não infinita, mas determinada, e cada vez maior, conforme fosse maior a profundidade da água sob a qual eu estivesse; pela qual, não tenho dúvidas, se estivesse no fundo de dez mil pés de água, como dito acima, calcularia como impossível de fazer essa separação com qualquer força que fosse . . . e vê-se que não seria verdadeiramente impossível, mas que o impedimento viria de não ter tanta força que pudesse fazer tal violência à água que fosse suficiente para superá-la.
>
> Penso que o mesmo ocorre no ar, pois estamos no fundo de sua imensidão e não sentimos nem seu peso nem a compressão que há por todos os lados, pois nosso corpo foi feito por Deus de tal qualidade que possa resistir muito bem a essa compressão sem sentir ofensa — sendo que ele é necessário e não se poderia ficar sem ele. Creio que, mesmo se não tivéssemos que respirar, não poderíamos ficar no vácuo; mas, se estivéssemos no vácuo, então sentiríamos o peso do ar que tivéssemos sobre a cabeça, o qual creio ser enorme. Pois, embora suponha que o ar é mais leve a maiores alturas, creio que a sua imensidão é tal que, por pouco que seja seu peso, deve-se admitir que se sentiria o de todo o ar que está acima. Esse peso é muito grande, mas não infinito — e, portanto, determinado. Com força proporcional a ele, seria possível superá-lo e assim causar o vácuo. Quem quisesse encontrar essa proporção precisaria saber a altura do ar e seu peso em cada altura. Mas, seja como for, eu realmente o julgava tal que, para causar o vácuo, imaginava que fosse necessária uma violência maior do que aquela que pode ser feita pela água no tubo com menos de 80 pés. (BALIANI, *apud* GOVI, 1867, p. 568-70).

Não fica totalmente claro como Baliani explica o fenômeno do sifão; mas, daquilo que diz na carta, podemos, com nossos conhecimentos atuais, completar facilmente o raciocínio. Para criar um vácuo, é preciso empurrar o ar, vencer sua pressão. No sifão, o peso da água empurra para baixo e vence a pressão da atmosfera, criando assim um vácuo.

Embora sem aceitar a possibilidade de um vácuo, Descartes parece ter, na mesma época, idéias semelhantes. Em uma famosa carta datada de 2 de julho de 1631 e provavelmente dirigida a seu discípulo Reneri (embora o ano e o destinatário sejam duvidosos), Descartes apresenta as seguintes idéias:

> Para resolver vossas dificuldades , imaginai o ar como se fosse lã e o éter que está em seus poros como turbilhões de vento que se movem para cá e para lá nesta lã; e pensai que esse vento que se lança de todos os lados entre os pequenos fios dessa lã impede que eles se comprimam fortemente uns contra os outros, como poderia ocorrer sem isso. Pois todos eles são pesados e pressionam uns aos outros tanto quanto a agitação desse vento lhes permite, de modo que a lã que está sobre a terra é comprimida por toda aquela que está acima, até além das nuvens. De tal modo que se tivéssemos que levantar uma parte dessa lã que está, por exemplo, no ponto indicado O, com toda a que está acima, na linha OPQ, precisaríamos de uma força muito considerável. Ora, esse peso não é sentido comumente no ar, quando é

empurrado para cima; pois, quando elevamos uma parte, como, por exemplo, a que está no ponto E para F, a que está em F vai circularmente para GHI e retorna a E; e assim seu peso não é sentido, como também não sentimos o de uma roda, se a fazemos girar, desde que ela esteja perfeitamente equilibrada em seu eixo. Mas, no exemplo que apresentais, do tubo DR fechado pela extremidade D, por onde está preso à prancha AB, o mercúrio que vós imaginais estar dentro não pode descer de uma vez, a não ser que a lã que está próxima de R vá para O e a que está em O vá para P e para Q, assim elevando toda essa lã que está na linha OPQ, a qual, tomada em seu conjunto, é bastante pesada. Pois, estando o tubo fechado em cima, não pode entrar lã – quero dizer, ar – por aí, no lugar do mercúrio, quando ele desce...

E para que não vos enganeis, não se deve acreditar que o mercúrio não possa se separar da prancha por nenhuma força, mas apenas que é necessária tanta força quanto para elevar todo o ar que está desde aí até além das nuvens (DESCARTES, *Oeuvres*, vol. I, 205-8).

A experiência imaginária que Descartes tenta explicar é análoga à da clepsidra, porém utilizando um tubo e mercúrio, ao invés de água. A experiência não pode funcionar senão se o tubo for muito fino, embaixo — caso contrário, o mercúrio fluirá e o ar entrará simultaneamente, por baixo. Vê-se que Descartes usa a idéia da pressão do ar e não o "horror ao vácuo" para explicar a retenção do mercúrio.

Há um trecho do capítulo 4 do "Le monde", de Descartes (escrito aproximadamente em 1633), que é semelhante mas não fala sobre o peso do ar; invoca apenas a idéia de que o universo está cheio e por isso o líquido não pode se escoar sem que o ar empurrado pelo líquido ocupe o espaço que ele abandona.

Embora todos esses raciocínios de Descartes, Baliani e Rey assumissem que o ar era pesado, não existiam ainda medidas do peso (ou densidade do ar). Mersenne se interessou pelo problema e propôs muitos métodos diferentes para essas medidas — alguns deles, impraticáveis. Em 1636, em seu livro "Harmonia universal", afirma que a água tem densidade 1870 vezes maior do que a do ar, baseando-se em dois tipos de evidências indiretas: a comparação das velocidades de queda de corpos na água e no ar; e a comparação das velocidades do som no ar e de ondas na água. Posteriormente, ele desenvolverá métodos diretos (de pesagem) que darão resultados muito diferentes: a água seria 225 vezes mais densa do que o ar (DUHEM, 1906). Mas também esses resultados são distantes do valor atualmente aceito: cerca de 770 vezes.

10 GALILEO E A FORÇA DO VÁCUO

Em 1638, Galileo publica os "Discursos sobre duas novas ciências". Nessa obra, ele aponta um modo de medir a densidade do ar. Por meio de uma seringa, comprime o ar que é injetado dentro de um frasco. Pesa-se o frasco com o ar comprimido; deixa-se que o excesso de ar saia (sendo recolhido e seu volume medido) e pesa-se de novo. A diferença de peso é devida a esse excesso de ar, cujo volume é conhecido. Usando esse processo, Galileo afirma ter determinado que a água é 400 vezes mais densa do que o ar.

De qualquer forma, mesmo sem disporem de valores precisos, Galileo e Mersenne realizaram medidas que deram uma idéia da ordem de grandeza da densidade do ar.

No mesmo livro de Galileo, há outro trecho que é muito importante, para nosso tema. Em uma célebre passagem do *primeiro dia* dos "Discursos", é apresentada uma discussão sobre as causas da coesão interna dos corpos e sua resistência à ruptura. Nessa passagem, é levantada a questão do horror ao vácuo como uma dessas causas de coesão.

Primeiramente, Galileo utiliza o exemplo das duas placas lisas (que já era conhecido, como vimos, por Lucretius):

> *Salviati* . . . A coerência destes corpos é, em minha estimativa, produzida por outras causas que podem ser agrupadas sob duas categorias. Uma é aquela muito falada repugnância que a natureza exibe em relação ao vácuo; mas este horror ao vácuo não sendo suficiente, é necessário introduzir outra causa, na forma de uma cola ou substância viscosa que prende firmemente juntas as partes componentes do corpo. Primeiramente falarei do vácuo, demonstrando por experiências definidas a qualidade e quantidade de sua força. Se você toma duas placas lisas e altamente polidas de mármore, metal ou vidro, e as coloca face a face, elas deslizarão uma sobre a outra com a maior facilidade, mostrando conclusivamente que

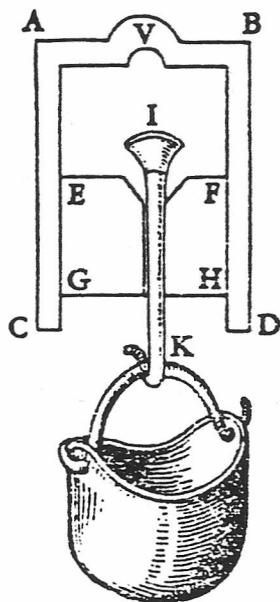
nada existe de natureza viscosa entre elas. Mas quando tentar separá-las distanciando-as rapidamente, . . . você descobrirá que as placas exibem tal repugnância pela separação que a superior carrega a inferior consigo e a mantém erguida indefinidamente, mesmo quando a inferior é grande e pesada.

Este experimento mostra a aversão da natureza pelo espaço vazio, mesmo durante o breve momento exigido para que o ar exterior corra e preencha a região entre as duas placas. Também se observa que, se as duas placas não são completamente polidas, seu contato é imperfeito, de modo que, quando se tenta separá-las lentamente, a única resistência oferecida é a do peso; se, no entanto, o puxão é rápido, a placa inferior sobe, mas rapidamente cai, tendo seguido a superior apenas no intervalo de tempo muito curto exigido para a expansão da pequena quantidade de ar entre as placas, em conseqüência de seu não ajuste, e para a entrada do ar circundante. Esta resistência que é exibida entre as duas placas está sem dúvida presente também entre as partes de um sólido e entra, pelo menos em parte, como uma causa concomitante de sua coerência. (GALILEO, *Discorsi*, p. 34).

Após algumas outras considerações, o diálogo retorna ao tema da coesão dos materiais:

Sagredo . . . Parece-me . . . que esta própria resistência a um vácuo deveria ser suficiente para unir as partes de uma pedra ou metal ou as partes de qualquer outro sólido que tem grande coesão e que tem maior resistência à separação . . . Por que não é este vácuo que realmente existe uma causa suficiente para todos os tipos de resistência?
Salviati. Não quero entrar agora nessa discussão sobre ser o vácuo sozinho suficiente para unir as partes separadas de um corpo sólido; mas eu lhe asseguro que o vácuo que age como uma causa suficiente no caso das duas placas não é sozinho suficiente para prender juntas as partes de um cilindro sólido de mármore ou metal que, quando puxados violentamente, separam-se e dividem-se. E agora se eu encontrar um método para distinguir esta bem conhecida resistência, que depende do vácuo, de todo outro tipo que possa aumentar a coerência, e se eu lhe mostrar que a citada resistência sozinha não é de modo algum suficiente para tal efeito, você não concordará que teremos que introduzir uma outra causa? Ajude-o, Simplício, pois ele não sabe como responder.
Simplício. Certamente a hesitação de Sagredo deve ser devida a outra razão, pois não pode haver dúvida sobre uma conclusão que é ao mesmo tempo tão clara e lógica.
Sagredo. . . . Vá em frente, Salviati: assuma que eu admito sua conclusão, e mostre-nos seu método para separar a ação do vácuo de todas as outras causas; e medindo-a, mostre-nos como ela não é suficiente para produzir o efeito em questão.
Salviati. Que seu anjo de guarda o proteja. Eu lhes contarei como separar a força do vácuo de todas as outras e, depois, como medí-la. Para este propósito, consideremos uma substância contínua cujas partes não possuam qualquer resistência à separação exceto a que se deriva de um vácuo, tal como ocorre no caso da água — um fato completamente demonstrado por nosso Acadêmico (Galileo) em um de seus tratados. Se um cilindro de água for submetido a um puxão e oferecer uma resistência à separação de suas partes, isso pode ser atribuído apenas à resistência do vácuo. Inventei um dispositivo que pode ser melhor explicado por meio de um diagrama do que por meras palavras.

Seja CABD a representação da seção reta longitudinal de um cilindro de metal ou, preferivelmente, vidro, oco em seu interior e torneado de modo preciso. Nele é introduzido um cilindro de madeira que se ajusta perfeitamente, representado no corte por EGHF, capaz de um movimento para cima e para baixo. No meio desse cilindro é perfurado um orifício que recebe um fio de ferro, carregando um gancho em sua extremidade K, enquanto a parte superior do fio, I, é dotada de uma cabeça cônica. O cilindro de madeira é desgastado na parte superior de modo a receber, com encaixe perfeito, a cabeça cônica do fio IK, quando este é puxado para baixo pela extremidade K.

Agora insira o cilindro de madeira EH no cilindro oco AD, de modo a tocar a parte

superior do último, mas deixar livre um espaço de uma ou duas polegadas; este espaço deve ser preenchido com água, mantendo o recipiente com a boca CD para cima, empurrando para baixo a bucha de madeira EH e ao mesmo tempo mantendo a cabeça cônica do fio, I, afastada da porção oca do cilindro de madeira. O ar assim pode escapar ao longo do fio de ferro (que não é perfeitamente ajustado) quando se pressiona para baixo a bucha de madeira. Tendo o ar escapado e sendo o fio de ferro trazido de volta de modo a ajustar-se completamente contra a depressão cônica da madeira, inverta o recipiente, colocando sua boca para baixo e pendure no gancho K um recipiente que pode ser enchido com areia ou qualquer material pesado, em quantidade suficiente para finalmente separar a superfície superior do cilindro de madeira, EF, da superfície inferior da água, à qual estava preso apenas pela resistência do vácuo. Em seguida, pese o cilindro de madeira e o fio junto com o recipiente que fora preso ao gancho e seu conteúdo; teremos então a força do vácuo. Se prendermos a um cilindro de mármore ou vidro um peso que, juntamente com o peso do próprio mármore ou vidro, é exatamente igual à soma dos pesos antes mencionados, e se ocorrer a quebra (do cilindro de mármore ou vidro), estaremos justificados ao dizer que apenas o vácuo segura as partes do mármore e vidro; mas se este peso não é suficiente e se a quebra só ocorre após a adição de, digamos, o quádruplo deste peso, diremos então que o vácuo só fornece um quinto da resistência total.

Simplício coloca dúvidas sobre a experiência, dizendo que talvez entre ar no dispositivo, ou a água se dilate e por isso o cilindro de madeira caia. Salviati responde que, neste último caso, ver-se-ia o cilindro de madeira descer gradualmente, o que não ocorre; e que qualquer ar que entrasse iria naturalmente para a escavação V na parte superior do cilindro de vidro, e poderia ser observado; e isso também não ocorre. É claro que, apesar da apresentação realista, deve tratar-se de um experimento imaginário. De qualquer forma, a idéia do experimento é muito interessante e mostra que Galileo admitia a existência de uma certa resistência à formação do vácuo; mas supunha que essa resistência era finita, mensurável; e que, portanto, o vácuo podia ser formado por uma força finita. Como o experimento provavelmente nunca foi feito, isso era, na verdade, apenas uma *suposição* e não uma demonstração da possibilidade do vácuo. Galileo poderia argumentar que, como a resistência dos sólidos à tração é finita e como essa resistência é igual ou superior à resistência do vácuo, esta é também finita. Mas, no caso da ruptura dos sólidos, o vácuo formado é infinitesimal e preenchido quase instantaneamente; um peripatético poderia aceitar a força finita, no caso do sólido, mas alegar no caso do experimento da água que a força teria que ser infinita, pois poderia ser formado um vácuo finito e duradouro.

Na constituição do diálogo, Galileo apresenta o fato experimental que provavelmente originou esse experimento imaginário:

Sagredo. Graças a esta discussão, aprendi a causa de um certo efeito que me maravilhou por muito tempo e que eu havia desesperado de compreender. Vi uma vez um poço que estava

provido de uma bomba . . . que tinha seu aspirador e válvula na parte superior, de modo que a água era erguida por atração e não por um empurrão . . . em sua parte superior. Esta bomba funcionava perfeitamente enquanto a água do poço estava acima de um certo nível; mas abaixo desse nível a bomba já não funcionava. Quando notei pela primeira vez o fenômeno, pensei que a máquina estava desarranjada; mas o artesão que chamei para repará-la contou-me que o defeito não estava na bomba mas na água, que tinha descido tanto que não podia ser erguida a tal altura; e adicionou que não era possível, por uma bomba ou qualquer outra máquina que funcionasse com o princípio de atração, elevar a água um fio de cabelo acima de dezoito cúbitos [cerca de dez metros]; fosse a bomba grande ou pequena, esse é o limite extremo do bombeamento.

Até agora fui tão néscio que, embora sabendo que uma corda, ou cilindro de madeira ou ferro, se suficientemente longo, quebrar-se-á por seu próprio peso quando suspenso por sua extremidade superior, nunca me ocorreu que o mesmo ocorreria, muito mais facilmente, com uma coluna de água. E realmente o que é atraído pela bomba não é uma coluna de água atada em seu extremo superior e esticada mais e mais até que se alcança um ponto em que se quebra, como uma corda, por seu próprio peso excessivo?

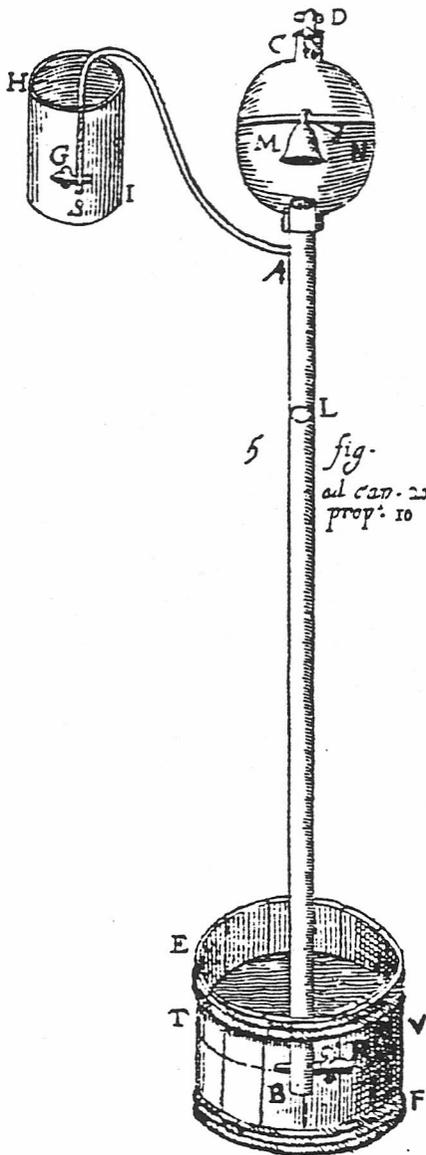
Salviati. Isto é precisamente o que ocorre; esta elevação fixa de dezoito cúbitos é verdadeira para qualquer quantidade de água, seja a bomba grande ou pequena, ou mesmo tão fina quanto uma palha . . . (GALILEO, *Discorsi*, p. 36).

Aqui, Galileo apresenta o mesmo raciocínio que, oito anos antes, apresentara a Baliani. Não há nenhuma menção ao peso do ar e à sua pressão. Apenas a idéia de um horror ao vácuo limitado. Baliani não havia convencido Galileo.

11 O EXPERIMENTO DA COLUNA DE ÁGUA, DE BERTI

Foi, aparentemente, o livro de Galileo que estimulou a realização de outros experimentos sobre o vácuo. Um grupo de pessoas, em Roma, após ler os "Discorsi", tendo também, aparentemente, conhecimento do experimento do sifão de Baliani, elaborou um interessante dispositivo. Umas dessas pessoas, Raffael Magiotti, parece ter sido o idealizador e Gasparo Berti o realizador do experimento (ver WAARD, *L'expérience barométrique*, pp. 101-10). Outras pessoas que presenciaram a realização foram os padres Athanasius Kircher e (provavelmente) Nicolò Zucchi. Há quatro descrições desse importante experimento: por Margiotti, Zicchi, Kircher e também por Maignan (que não estava presente). A data de sua realização é incerta: talvez 1641. Certamente, no entanto, precedeu a célebre experiência de Torricelli.

Emmanuel Maignan conta, em um livro publicado dez anos depois, que Gasparo Berti, seu amigo, lhe descrevera com detalhe o experimento, poucos dias depois de sua realização. Relata então essa descrição:

Este distinto Gasparo, de quem falei, ergueu um tubo de chumbo AB bastante longo fora da torre de sua casa, na parede onde estão as escadas, prendendo-o por meio de cordas amarradas a cravos de ferro. Sou obrigado a dizer que não me lembro exatamente de seu comprimento, mas sei que deve ter sido mais (apenas um pouco mais) do que quarenta palmos. A extremidade superior A do tubo estava defronte a uma das janelas da torre e a inferior B estava próxima ao solo; era provida de uma torneira R de latão, que estava dentro do tonel EF propositalmente cheio de água. Na extremidade superior A era adaptado e cuidadosamente unido e colado um recipiente de vidro em forma de um frasco, bastante grande mas

muito sólido, possuindo dois gargalos e bocas, a mais larga embaixo — na qual era inserido o extremo A do tubo, como em um encaixe; a mais estreita, em C, de chumbo ou estanho, como é usual, era bem feita, de modo que se lhe adaptava bem a haste do parafuso de latão D, sendo este o mais sólido tipo de rolha e o mais adequado para o assunto em questão.

Estando isso pronto, com a torneira R fechada e o tonel EF cheio com água até aproximadamente a metade, o tubo todo, assim como o recipiente de vidro, eram enchidos por cima, através da abertura C, bem no topo. Então, a abertura C era fechada com o parafuso D, para selar todo o aparelho.

Maignan descreve que, ao se apertar o parafuso D, o frasco do aparelho se rompeu, sendo preciso montar novo aparelho. Da segunda vez, foram tomados cuidados para não comprimir muito a água com o parafuso.

Por fim, quando a torneira R foi aberta, a água fluiu (contrariamente à esperança de muitos) do tubo para o tonel EF, até (enchê-lo) a uma altura facilmente observável; mas nem toda ela fluiu e logo ficou parada. Isso era claro, pois foi feita uma marca no tonel na superfície da água e no dia seguinte se descobriu que a água nela havia permanecido exatamente na marca, embora a torneira R permanecesse aberta todo o tempo. Então, depois que esta torneira R foi novamente fechada cuidadosamente, o parafuso D foi tirado de cima. E logo que ele foi retirado o ar entrou com grande ruído, preenchendo o espaço antes abandonado pela água. Então, descendo um fio, determinou-se quanta água havia dentro, ou melhor, a que altura a água havia permanecido no tubo. Descobriu-se que ela ficara a cerca de 18 cúbitos acima do nível da água no tonel, na marca L. (MAIGNAN, *Cursus philosophicus, apud* MIDDLETON, *The history of the barometer*, pp. 11-2).

Em seguida, foi feita uma engenhosa modificação do aparelho, a fim de investigar se a sua parte superior ficava vazia ou não.

Em outro dia, o experimento foi tentado de uma forma diferente. O tubo maior, já mencionado, foi perfurado lateralmente perto de A e um tubo de chumbo curvo AS, provido de uma torneira G, foi unido e soldado a ele com estanho. Quando tudo estava pronto, a água foi derramada em C, como antes. O parafuso D foi colocado e a boca S do tubo, com sua torneira G, foi dobrada para dentro de um recipiente HI cheio de água, colocado mais alto do que a janela, de tal forma que obviamente nenhum ar externo pudesse entrar através da torneira G quando a água — como vou relatar — desceu e fluiu pela torneira R. Pois, quando esta foi aberta, a água se escoou como antes até a marca L, como se percebeu pela altura da marca feita anteriormente no tonel EF. Em seguida, a torneira R foi fechada e a torneira G aberta. Então, o pequeno tubo sugou a água que foi fornecida continuamente ao recipiente HI, até que por fim todo o espaço foi enchido: o tubo, acima de L, o frasco e o pequeno tubo — exceto pelo aparecimento de uma bolha de ar de certo tamanho sob a boca C.

Realmente, o espaço ocupado por essa bolha, que alguns pensaram ser um vácuo, estava realmente cheio de ar. Pois o tubo AS e o recipiente HI foram erguidos um pouco de modo que a água no último estava de A, para o frasco, preenchendo-o completamente, já que antes parecia que não poderia sugá-la. Mas não foi possível passar mais água e portanto é certo que o pequeno espaço mencionado, abaixo de C, não era um vácuo, mas sim um pleno — uma bolha de ar ou, como alguns preferiram pensar, de éter.

Mas as opiniões variaram sobre de onde esse ar ou éter teria vindo e se ele, sozinho, rarefeito, preenchia o espaço que a água havia abandonado. Pois alguns diziam que essa pequena porção de ar havia entrado pelos poros do vidro ou do chumbo, enquanto outros preferiram que tivesse sido retirada da água e então se expandido para preencher todo o frasco e o tubo, até L. E que ele não podia se expandir e rarefazer mais e que por isso a água ficou suspensa nessa marca L por alguma força coesiva do ar, de modo que nem descia nem fluía mais. (MAIGNAM, *Cursus philosophicus, apud* MIDDLETON, *The history of the barometer*, pp. 12-3).

Mais adiante, Maignan descreve que, para decidir se o espaço vazio era um vácuo ou não, foi introduzido no recipiente de vidro um sino com badalo de ferro. Após a descida da água, o badalo era atraído por um ímã e depois solto, batendo no sino. Se houvesse vácuo, não se poderia ouvir o som do sino, pois o som só pode se propagar na matéria, por vibrações (como já se sabia). Quando o experimento foi feito, o sino foi ouvido; mas Maignan explica esse resultado supondo que as vibrações se propagaram do sino para o vidro e não através do vácuo.

Em muitos aspectos, o experimento de Berti antecipa o de Torricelli. Não se sabe, no entanto, se alguém, na época, o interpretou relacionando a altura da coluna de água à pressão atmosférica.

Até que ponto esse experimento se tornou conhecido, na época? Não se sabe. Há, porém, uma indicação muito importante de que Torricelli a conhecia. A evidência é uma carta de Magiotti a Mersenne, datada de 25 de maio de 1648, na qual ele descreve o experimento e afirma que escreveu, na época, uma carta a Torricelli sobre o mesmo, com a sugestão de que utilizando-se água do mar o nível teria sido mais baixo. E conclui: "Eles fizeram tentativas e finalmente chegaram ao uso de mercúrio" (MIDDLETON, 1963, p. 17). Ou seja: para Magiotti, o experimento de Torricelli é uma decorrência direta do de Berti.

12 VIVIANI E TORRICELLI

A idéia básica da "experiência de Torricelli" é bem conhecida e descrita em livros-

texto elementares. Toma-se um tubo de vidro, fechado em uma extremidade, com cerca de um metro de comprimento; enche-se o tubo com mercúrio; tampando-o com o dedo, ele é então invertido; coloca-se a boca do tubo dentro de uma cuba com mercúrio e tira-se o dedo. O mercúrio desce, oscila e depois pára a uma altura de cerca de 76 cm de altura, deixando um espaço vazio no topo.

Essencialmente, o experimento é uma adaptação do de Berti, utilizando-se mercúrio no lugar da água, o que permite maior facilidade de manipulação.

De acordo com Carlo Dati, discípulo de Torricelli, o experimento não foi realizado por ele e sim por Viviani (MIDDLETON, 1963, p.19). É possível que a própria idéia de utilizar mercúrio, ao invés de água, tivesse sido de Viviani ou de Galileo. De fato, Albieri, um dos editores das obras de Galileo (no século XIX) notou que, em um exemplar dos "Discorsi" (1638) encontrado entre os papéis de Florença, havia muitas correções e adições do rodapé com a letra de Viviani. Exatamente na página em que é discutida a limitação das bombas de sucção e a altura máxima atingida pela água, há uma nota que diz:

> E acredito que o mesmo resultado ocorreria em outros líquidos, tais como mercúrio, vinho, óleo, etc. nos quais a ruptura ocorrerá a uma altura menor ou maior do que 18 cúbitos, de acordo e inversamente com a maior ou menor gravidade específica desses líquidos em relação à da água; sempre medindo essas alturas perpendicularmente, no entanto (*apud* MIDDLETON, 1963, pp. 17-9).

Essa anotação pode ter sido ditada por Galileo (já cego) a Viviani ou ser do próprio Viviani. Adicionada ao conhecimento do experimento de Berti, torna-se fácil chegar ao "experimento de Torricelli".

Não vamos descrever em detalhe, aqui, a contribuição de Torricelli. Isso será feito no *Apêndice* 1 do presente volume, onde se apresenta uma tradução comentada da descrição fornecida pelo próprio Torricelli. Discutiremos aqui apenas dois pontos: qual a contribuição *nova* desse experimento? E qual a data de sua realização?

A carta de Torricelli a Ricci, descrevendo o experimento, é datada de 11 de junho de 1644. A data comumente indicada, nos livros-texto e artigos históricos, é 1643, seguindo a versão divulgada pela Accademia del Cimento em 1667. Parece pouco provável que o experimento tivesse sido realizado muito antes da redação da carta e o ano de 1644 é, por isso, mais plausível.

O que o trabalho de Torricelli (ou Viviani) adiciona ao que já se sabia? Por um lado, ele mostra que, como previsto na observação de Viviani, a altura da coluna de mercúrio é muito menor do que a de água, na proporção inversa de suas densidades. Em segundo lugar, o aparelho usado por Torricelli é mais simples, torna tudo visível (no de Berti, os tubos eram de chumbo), pode ser feito dentro de casa, com maior facilidade — o que o popularizou — e permite eliminar dúvidas que permaneciam no experimento de Berti: Torricelli inclina o tubo e vê que o mercúrio sobe, preenchendo todo o tubo, sem ficarem bolhas de ar; varia o aparelho e observa que a altura do mercúrio não depende do volume vazio acima dele; etc. Mas o mais importante de tudo é que Torricelli defende a interpretação moderna: a de que esses efeitos são produzidos pela pressão da atmosfera. De modo nenhum Torricelli prova ou estabelece que essa é a verdadeira

causa; mas dá alguns bons argumentos e — o que é mais importante — desencadeia uma enorme quantidade de estudos, experimentos e discussões que acabarão levando à nossa concepção moderna.

13 DE TORRICELLI A PASCAL

Os italianos não fizeram ampla divulgação de todos esses estudos sobre o vácuo. Talvez pesasse sobre eles a sombra da Inquisição: não seria perigoso desafiar um mistério da natureza? No entanto, as cartas de Torricelli a Ricci logo se difundem. Um francês que estava em Roma em 1644, François du Verdus, parece ter sido quem, visitando Ricci, copiou trechos das cartas de Torricelli e as enviou para o padre Jean-François Nicéron; este passou a carta a Mersenne, provavelmente em julho de 1644 (TATON, 1963). Pouco tempo depois, Mersenne viaja para a Itália (dezembro de 1644 a março de 1645). Em Roma e em Florença, Mersenne teve contato direto com as pessoas que participaram desses experimentos. Em Roma, encontra Margiotti, Baliani, os padres Kircher, Maignan e Nicerón, e Ricci. Berti já havia falecido. É possível que tenha sido ele quem sugeriu a colocação do sino no aparelho de Berti, pois já havia pensado no problema da propagação dos sons no vácuo (LENOBLE, *Mersenne*, pp. 429-31). É informado de que é possível ouvir-se o sino colocado no espaço aparentemente vazio; e também de que pequenos animais eram capazes de sobreviver nesse espaço. Depois, em Florença, Torricelli refaz a sua experiência diante do padre, informando que também na experiência do mercúrio pequenos insetos podiam sobreviver no espaço vazio. Isso fazia pensar que ainda permanecia ar dentro do tubo.

Retornando a Paris, Mersenne divulga os novos conhecimentos, informando Deschamps, Roberval e Pierre Petit, entre outros. Aparentemente, Descartes não foi informado. Mersenne tenta reproduzir o experimento de Torricelli, sem sucesso. Faltavam-lhe bons tubos de vidro. Algum tempo depois, Petit e Roberval terão sucesso. E, o que é mais importante, para nós: Petit irá fazer o experimento em Rouen, em 1646, na companhia do pai de Pascal, com a presença do jovem Blaise Pascal. A descrição de Petit, em uma carta datada do mesmo ano, está contida do *Apêndice 2* deste volume.

É aqui, portanto, que Blaise Pascal entra em nossa história. Estimulado pelo importante experimento, Pascal passa a se dedicar intensamente à questão do vácuo, escrevendo e fazendo novos experimentos. São esses trabalhos que estão traduzidos na segunda parte deste volume.

Vamos descrever agora, de forma um pouco esquemática, os episódios relativos ao estudo do vácuo e da pressão atmosférica em três anos cruciais, nos quais se deu a principal contribuição de Pascal: 1646 a 1648. Há grande número de estudos sobre esse período, focalizando o papel de Pascal e discutindo até que ponto sua contribuição foi importante. Alguns deles serão citados mais adiante. No entanto, é relevante desde agora apontar os trabalhos de Félix Mathieu, no início do nosso século, que revolucionaram os estudos sobre o papel científico de Pascal (MATHIEU, artigos de 1906 e 1907). A tese central de Mathieu é a de que Pascal falsificava documentos, procurando atrair a atenção para suas contribuições e não dando o devido crédito às pesquisas de outros autores. Os trabalhos de Mathieu eram surpreendentes mas muito bem documentados, demonstrando espantosa erudição. À publicação dos seus primeiros artigos seguiu-se

uma acalorada controvérsia, na qual se envolveram os mais importantes historiadores franceses. Foram levantados novos documentos e examinou-se com grande detalhe o período 1646 e 1648. O maior contra-ataque a Mathieu deveu-se a Léon Brunschvicg e Pierre Boutroux, os editores da segunda edição das *Obras* de Pascal, que levantaram grande número de documentos (anexados em sua edição das *Obras*) e tentaram derrubar, ponto por ponto, as acusações de Mathieu a Pascal. Quem venceu? Uma cuidadosa e bastante neutra avaliação (REY, 1906; THIRION, 1909) pareceu indicar que uma boa parte das alegações de Mathieu contra Pascal não foi abalada. Mas não vamos nós também entrar nesse debate. Os interessados poderão consultar os trabalhos relevantes (para uma bibliografia dessa discussão, ver: MAIRE, *L'Oeuvre de Pascal: bibliographie*, pp. 110-2; THIRION, 1908, pp. 248-51; BRUNSCHVICG, in *Oeuvres de Pascal*, vol. I, pp. XXXLVIII).

Vamos então passar à seqüência histórica.

14 OS EXPERIMENTOS DE ROUEN

Em outubro de 1646, Pascal presencia a repetição do experimento de Torricelli, por seu pai Étienne e Pierre Petit (ver *Apêndice* 2). Excitado por esse experimento, Pascal realiza vários outros, em sua cidade (Rouen), do final de 1646 a meados de 1647 (sem nada publicar, no entanto). Em uma carta datada de 1651, endereçada a de Ribeyre (PASCAL, *Oeuvres*, vol. 2, pp. 478-95), o próprio Pascal afirma que realizou esses novos experimentos "na presença de mais de quinhentas pessoas de todos os tipos, incluindo cinco ou seis padres jesuítas do Colégio de Rouen" (ibidem, p. 482-3). Tratava-se, portanto, de exibições públicas, que chamaram grande atenção e tiveram ampla divulgação informal, na França.

É provavelmente no início de 1647 que Pascal realiza uma grande reprodução do experimento de Torricelli, utilizando em tubo de 13 m de altura, enchendo-o de vinho (experimento descrito posteriormente por Pascal, no texto "Novas experiências sobre o vácuo"). Em maio de 1647, Pascal viaja para Paris e interrompe essas exibições. Não se sabe, ao certo, se Pascal de fato fez todos os experimentos que descreve. Há bons motivos para se ter dúvidas disso (ver KOYRÉ, *Études d'histoire de la pensée scientifique*, pp. 382-5).

Antes que se publicasse qualquer notícia sobre esses experimentos, foi editado um opúsculo, na Polônia, de autoria do padre capuchinho Valeriano Magni. Este padre italiano havia realizado um experimento em tudo semelhante ao de Torricelli, com mercúrio, publicando em Varsóvia, em julho de 1647, um opúsculo onde o descrevia e defendia a existência de um vácuo na parte superior do tubo. No entanto, Magni apresentava o experimento como de sua própria invenção, citando Galileo como seu inspirador. Seu título era: "Demonstração ocular de um lugar vazio; de movimento corporal sucessivo no vácuo; de luz fora de qualquer corpo" (*Demonstratio ocularis loci sine locato: corporis sucessive moti in vacuo: luminis nulli corpori inhaerentis*). Esse título era provocativo, desafiando abertamente três teses aristotélicas.

Enquanto a obra de Magni não era conhecida na França, o médico Pierre Guiffart, de Rouen, que assistira os experimentos de Pascal, publicou em 29 de agosto de 1647, um "Discurso sobre o vácuo, sobre as experiências do Sr. Paschal e o Tratado do Sr.

Pierius" (*Discours de vuide sur les expériences de M. Paschal et le Traité de M. Pierius*). Inspirando-se não só nos experimentos mas também, provavelmente, nas interpretações de Pascal, Guiffart defende a existência de um vácuo no tubo barométrico e ataca Jacques Pierius, outro médico, professor de filosofia do Colégio de Rouen. Esse Pierius, que também participara das demonstrações públicas de Pascal, nelas defendera a posição aristotélica, escrevendo um opúsculo, em latim, defendendo a teoria peripatética do pleno (*An detur vacuum in rerum natura*). Essa dissertação, com adições, foi publicada no ano seguinte (1648).

O trabalho de Guiffart não explica o fenômeno barométrico pela pressão atmosférica e sim utilizando a idéia de um horror limitado ao vácuo (como Galileo). Aparentemente, Pascal também não defendia, nessa época, a idéia da pressão atmosférica.

15 ROBERVAL E A DILATAÇÃO DO AR

Em Agosto de 1647, Mersenne, em Paris, recebe uma cópia do opúsculo do padre Valeriano Magni, que lhe foi enviado por Pierre Des Noyers, da Polônia. Informado por Mersenne, Roberval escreve a Des Noyers em 20 de setembro de 1647 (texto reproduzido em: PASCAL, *Oeuvres*, vol. 2, pp. 21-35), criticando Magni por não dar o devido crédito a Torricelli. Informa também a Des Noyers que o experimento de Torricelli havia já sido reproduzido com sucesso em Rouen e informa sobre os trabalhos de Pascal. Além disso, Roberval descreve suas próprias investigações. Ele descreve que a altura do mercúrio no tubo é sempre de 2 pés e 7/24 de pé, mesmo quando são usados tubos de diferentes tamanhos e formas. Em um caso, descreve um tubo com uma dilatação na sua parte superior, capaz de conter 18 libras de mercúrio; mesmo nesse caso, o tamanho do espaço vazio não influi na altura da coluna de mercúrio. Ele especula que a parte superior do tubo pode estar vazia ou cheia de um ar muito rarefeito e supõe que esse relativo vazio *atrai* o mercúrio para cima e o impede de cair. Esse "puxão" do vácuo era *sentido* tampando o tubo com o dedo e invertendo-o, de modo que o dedo ficasse em contato com o espaço vazio.

Note-se que, nessa época, não se imaginava que o ar (e outros gases) pudesse se dilatar indefinidamente, como atualmente aceitamos. Parecia que ele era dilatável (e compressível) apenas até certo limite, como uma esponja. Além disso, supunha-se que, para dilatá-lo, era preciso distendê-lo, como no caso de uma mola. A concepção de Roberval era, portanto, bastante adequada para a época. Além disso, ele mostrava, introduzindo bolhas de ar no barômetro, que elas se dilatavam muito enquanto subiam no mercúrio. Isso indicava, por um lado, que o ar *podia* se dilatar bastante; e, por outro lado, parecia indicar que alguma força (externa à bolha) a esticava e dilatava. Além disso, aumentando a quantidade de ar sobre o mercúrio, este descia um pouco. Tampando e invertendo o tubo, Roberval sentia um menor "puxão" em seu dedo.

Após receber a carta de Roberval, Valeriano Magni afirma jamais ter ouvido falar de Torricelli, de Ricci ou de qualquer experiência anterior à sua. Parece sincero, e publica, em 5 de novembro de 1647, um novo opúsculo, dedicado a Roberval, esclarecendo toda a questão.

Nesse período, Pascal está vivendo em Paris (desde maio de 1647), bastante doente.

Ele mantém estreito contato com Roberval. Se suas idéias não são idênticas, devem ser, pelo menos, semelhantes, nessa época.

16 DESCARTES E PASCAL

Em setembro de 1647, logo após a chegada do primeiro opúsculo de Valeriano Magni, Descartes visita Paris. Encontra-se com Mersenne, que refaz diante dele os experimentos com mercúrio, contando-lhe também sobre os de Rouen. Descartes manifesta vontade de encontrar Pascal. Eles se encontram, efetivamente, nos dias 23 e 24 de setembro, durante cerca de duas horas, em cada dia.

Muito já se discutiu e escreveu sobre esse encontro (além dos artigos já citados, ver: NOURRISSON, 1881; ADAM, 1887 e 1888). Não há dúvidas de que ele foi muito importante, para Pascal. Mas não se sabe, em detalhes, o que ocorreu. Há uma carta de uma das irmãs de Pascal (Jacqueline) a outra irmã (Gilberte, esposa de Périer), datada de 25 de setembro de 1647 (PASCAL, *Oeuvres*, vol. 2, pp. 42-8). Segundo esta carta, Descartes visitou Pascal acompanhado por vários amigos (Hardy, Martigny e outros). Pascal avisou a seu amigo, Roberval, sobre o encontro, pedindo sua presença. Aparentemente, Pascal, advertido por Roberval (adversário de Descartes), previa algum tipo de confronto. Pois ele próprio, como Roberval, acreditava que a parte superior do tubo de Torricelli era vazia e sabia que Descartes negava a possibilidade do vazio. Pascal, era, acima de tudo, nessa época, um experimentador; e via em Descartes um puro metafísico, preocupado com teses *a priori* e sem se importar com os fatos. Como se vê pelos escritos de Pascal, ele jamais se aprofunda nos problemas metafísicos do vácuo; apenas mostra um espaço aparentemente vazio e desafia todos a mostrarem o que está nele, se não estiver realmente vazio.

De acordo com a carta de Jacqueline, a conversa recai sobre os experimentos relativos ao vácuo e Descartes defende sua idéia de que o espaço aparentemente vazio está repleto de matéria sutil (éter). Há uma altercação entre Roberval e Descartes, a qual, de acordo com a carta, prossegue mesmo depois que eles saem, juntos, do encontro com Pascal. Sabe-se também, pela mesma fonte, que Descartes defendia a pressão do ar como a causa dos efeitos que Roberval atribuía à atração ou ao horror ao vazio.

Há no entanto dois pontos obscuros sobre esse encontro: (1) qual a explicação que Pascal dava aos fenômenos? E(2) teria Descartes sugerido a Pascal um novo tipo de experimento? Vamos discutir esses dois pontos.

Na sua primeira publicação sobre o vácuo (que é pouco posterior a esse encontro), Pascal em nenhum ponto se refere à pressão do ar. Pode-se supor que ele não aceitasse essa explicação; ou pode-se supor que ele não queria *ainda* defendê-la, mas já a aceitava. Não há *documentos* que permitam esclarecer a questão. Porém, parece plausível que Pascal concordasse com Roberval — caso contrário, por que o convidaria para ajudá-lo a enfrentar Descartes? Parece razoável supor, assim, que Pascal admitia que o vácuo produzia uma atração ou puxão, de mecanismo desconhecido.

Por outro lado, sabe-se que, alguns meses depois, o cunhado de Pascal (Périer) vai executar, a seu pedido, um experimento "decisivo" a favor da influência da pressão do ar: ele realizará o experimento de Pascal na base e no topo do Puy-de-Dôme, verifi-

cando que a altura da coluna de mercúrio é menor no alto da montanha. Alguns historiadores supõem que foi Descartes quem lhe sugeriu esse experimento, como um modo de diferenciar entre a explicação pela atração do vácuo e pela pressão atmosférica. Baillet, biógrafo de Descartes, foi um dos primeiros a fazer essa alegação (ver ADAM, 1887 e NOURRISSON, 1881), baseando-se em uma carta de Descartes a Mersenne, de 13 de dezembro de 1647. Nessa carta, lê-se muito claramente:

> Eu havia advertido o sr. Pascal a experimentar se o mercúrio subiria à mesma altura quando se está acima de uma montanha e quando se está em sua parte de baixo; não sei se ele o terá feito (DESCARTES, in: PASCAL, *Oeuvres*, vol. 2, p. 165).

Em outras cartas posteriores, Descartes reclama, igualmente, não haver recebido de Pascal nenhuma informação sobre o experimento do Puy-de-Dôme, apesar de ter sido ele (Descartes) quem o havia sugerido. No entanto, em 1651, na já citada carta a Ribeyre, Pascal afirma:

> É verdadeiro, Senhor, e eu vo-lo digo audazmente, que essa experiência é de minha invenção; e, portanto, posso dizer que o novo conhecimento que ela nos abriu é completamente meu (PASCAL, *Oeuvres*, col. 2, p. 494).

Ou Descartes ou Pascal — um dos dois está enganado. É difícil saber quem está mentindo. Mas deixemos essa questão de lado.

17 MERSENNE E O EXPERIMENTO DA MONTANHA

Em outubro de 1647, logo após seus encontros com Descartes, Pascal enfim imprime um primeiro opúsculo sobre seus experimentos: "Novas experiências sobre o vácuo" (ver tradução neste volume). Nessa pequena obra, Pascal descreve de modo bastante direto e resumido seus experimentos de Rouen e defende a idéia de que o espaço acima do mercúrio, no experimento de Torricelli, é realmente um vácuo; e que o "horror ao vácuo" tem um poder limitado e mensurável.

Poucos dias após a publicação dessa obra, Pascal recebe uma carta do padre Nöel, criticando suas conclusões e defendendo uma visão semelhante à de Descartes (ver "Cartas do padre Noël e respostas de Pascal", neste volume).

No mesmo mês de outubro de 1647, o padre Mersenne publica uma obra, "Reflexões fisico-matemáticas" (*Cogitata physico-mathematica*). Nela, aparece uma nova medida da densidade do ar (que Mersenne, agora, conclui ser mil vezes menos denso do que a água) e a explicação do experimento de Torricelli pelo peso da atmosfera. Além disso, no Prefácio escrito no final de setembro, Mersenne escreve:

> Se o cilindro de ar é a causa do vazio contido no tubo, ou da suspensão do mercúrio, ao qual equilibra, parece que esse cilindro de ar será mais curto e, portanto, que o cilindro de mercúrio será de menor altura, quando observado no alto de uma torre ou de uma montanha. Por exemplo: as janelas da cúpula de São Pedro estão pelo menos 50 toesas (cerca de 100m) acima do solo; se a altura do cilindro de ar fosse apenas uma légua de 2.500 toesas, o cilindro seria menor de 1/50 de seu comprimento quando observado de perto dessas janelas ao invés de observado no Confissionário de São Pedro.

> Mas mostramos na página 204 que o cilindro de ar deve ter pelo menos duas léguas de altura [cerca de 10.000m] ; daí, na experiência precedente, diminuiria apenas a centésima parte e o cilindro de mercúrio, também diminuiria somente um centésimo de seu comprimento; uma tal diminuição, que seria menor do que 1/50 de pé ou do que 1/4 de linha [cerca de 0,5 mm], seria apenas sensível.
>
> Se fizéssemos a experiência, pelo contrário, no topo de uma montanha com altura de uma légua, o cilindro de mercúrio deveria medir apenas um pé e meia polegada. Se isso não ocorresse, dever-se-ia concluir daí que o cilindro de ar não é a explicação desse vazio — a menos, no entanto, que se suponha que a superfície superior do ar não é esférica e que ela se eleva mais ou menos de acordo com o relevo do solo (MERSENNE, *apud* DUHEM, 1906b, p. 814).

Esta é a primeira *publicação* de uma proposta correspondente ao experimento do Puy-de-Dôme — e que tem a vantagem de fazer uma previsão *quantitativa* do efeito, a partir da medida da densidade do ar. Note-se que Mersenne não pensa que a densidade do ar varia significativamente com a altura e imagina que a atmosfera tem uma altura bem definida (como, aliás, costumam pensar também os estudantes de nossa época).

Mersenne não nos informa se a proposta do experimento é sua ou não. Duhem pensa que Mersenne o imaginou. Mathieu pensa que Mersenne está apenas reproduzindo a proposta de Descartes, que poucos dias antes da redação desse Prefácio estivera discutindo com Mersenne sobre a pressão atmosférica. A favor de Mathieu deve pesar a carta (já citada) que Descartes escreve ao próprio Mersenne, dois meses depois, alegando ser o pai da idéia.

Por outro lado, é decepcionante verificar que, alguns parágrafos mais adiante, o mesmo Mersenne diz:

> Por outro lado, inclino-me a pensar que sempre se encontrará a mesma altura para esses cilindros de mercúrio. Isso poderia provir de que as mudanças de altitude não produzam um efeito perceptível porque a altura do ar é muito grande; é o que ocorreria, por exemplo, se os limites da atmosfera ultrapassassem a Lua. Isso poderia provir igualmente de outras causas desconhecidas por nós, ou porque a coluna de ar não é a causa do fenômeno. Então, estaríamos novamente diante de um enigma (MERSENNE, *apud* DUHEM, 1906b, p. 815).

Mersenne não havia ainda adotado uma opinião final e não tinha muita certeza de que valia a pena fazer o teste: talvez ele fosse inconclusivo. Em um segundo prefácio da mesma obra, escrito logo depois, Mersenne defende as idéias de Roberval sobre a atração do vácuo e inclui Pascal entre os que partilham de sua opinião (THIRRION, 1907, p. 412).

Mersenne pede a opinião de todas as pessoas sobre o assunto. Escreve a Baliani, que lhe responde em 25 de novembro de 1647 defendendo a explicação pelo peso do ar e afirmando que a densidade do ar deve ir diminuindo com a altitude (GOVI, 1867, p. 573).

Muitos outros eventos ocorrem nesse mês de novembro. O padre Nöel publica um livro contra os defensores do vácuo — "O pleno do vazio" (*Le plein du vide*) que ataca frontalmente Valeriano Magni mas que Pascal interpreta como um ataque pessoal contra si (ver "Carta de Pascal ao Senhor Le Pailleur", neste volume).

No mesmo mês, é publicada a carta de Petit (apêndice 2 deste volume), provavelmente por iniciativa de Pascal (que foi quem forneceu a cópia da carta ao editor).

O objetivo dessa publicação foi, é claro, defender a prioridade de Pascal em relação a Valeriano Magni e outros experimentadores.

É também de novembro de 1647 que data uma carta de Pascal a seu cunhado Périer, pedindo-lhe para executar o experimento do Puy-de-Dôme (traduzida neste volume). No entanto, Félix Mathieu apresentou bons motivos para se duvidar que a carta seja autêntica. Segundo Mathieu, trata-se de uma falsificação posterior, do próprio Pascal, destinada a estabelecer a prioridade da idéia. (ver MATHIEU, artigos de 1906 e 1907).

18 A ELASTICIDADE DO AR – EXPERIMENTO DA BEXIGA DE PEIXE

Mas o grande evento científico desse agitado mês de novembro de 1647 foi um novo experimento realizado por Roberval. Toma-se uma bexiga de carpa, vazia e seca; espreme-se para fora o ar que ela contém e se amarra sua boca. Colocando-a então no topo de um tubo com o qual se realiza o experimento de Torricelli, observa-se que, quando o mercúrio desce, a bexiga incha, como se houvessem soprado ar em seu interior. A interpretação, para nós, é simples: o pouco ar que sempre restará dentro da bexiga se expande, pois a pressão fora da bexiga é nula (ou muito pequena) e isso faz a bexiga parecer cheia. No entanto, como já foi dito antes, não se sabia, nessa época, que o ar podia se dilatar indefinidamente, nem que ele possuía uma força expansiva – mesmo quando muito dilatado. O resultado do experimento surpreendeu a todos – inclusive Roberval. Ele mostrava, de forma visível, que uma pequena porção de ar era suficiente, dilatando-se, para encher toda a parte superior do tubo de Torricelli. A partir de então, Roberval já não defenderá a existência do vácuo no tubo – e sim ar rarefeito, como muitos peripatéticos haviam defendido.

Essa e outras experiências são descritas por Roberval em uma longa carta a Des Noyers, iniciada em 15 de maio de 1648 e terminada vários meses depois (reproduzida em: PASCAL, *Oeuvres*, vol. 2, pp. 310-40). Ele repete as observações de Torricelli de que o calor, aplicado à parte aparentemente vazia do tubo, faz descer a coluna de mercúrio. Conclui daí que há algum corpo (matéria) que preenche esse vácuo aparente, mesmo quando se toma todo o cuidado de evitar a presença do ar (Esse fenômeno, difícil de se compreender, é descrito por vários outros autores; ver POWER, *Experimental philosophy*, p. 91 (§ 10), p. 124; ROHAULT, *Traité de physique*, vol. 1, cap. 12, § 26, p. 113). Roberval chama também a atenção, novamente, para as bolhas de ar que sobem do mercúrio para o espaço aparentemente vazio e que são mais visíveis introduzindo-se um pouco de água no tubo, juntamente com o mercúrio.

Há outra observação de Roberval, descrita nessa carta, que parece paradoxal, na época. Quando, ao se encher o tubo de mercúrio, deixa-se um espaço de uma polegada sem mercúrio, preenchendo-a depois com água, o que ocorre ao inverter o tubo e retirar o dedo? O mercúrio desce e a água (que fica sobre ele) pressiona o mercúrio para baixo, por seu peso. Mas o mercúrio é quase 14 vezes mais denso do que a água. Uma polegada de água apenas abaixará o mercúrio de 1/14 de polegada. De fato, é o que se observa – e, até aí, não há paradoxo. Mas suponhamos que a experiência é repetida deixando-se uma polegada de ar (e não água) sobre o mercúrio. O que acontecerá ao inverter o tubo e destampá-lo? A expectativa geral era de que o mercúrio praticamente não seria em-

purrado para baixo, pois o ar é muito menos denso do que a água. A observação mostrou, no entanto, a Roberval, que o ar empurrava significativamente o mercúrio para baixo – e muito mais do que a água!

A explicação de Roberval, semelhante à atual, é a força expansiva do ar. A água pressiona o mercúrio somente pelo seu peso; o ar, pelo seu peso (desprezível, no caso) e pela sua força de expansão (que era desconhecida, na época).

Isso tudo cria uma grande confusão, na época. Mersenne escreve, em 2 de maio de 1648, uma carta a Huygens, na qual se desespera de compreender qualquer coisa, depois de ver e repetir esses experimentos: "Vedes que a questão é insolúvel, se a clareza de vosso espírito não nos ajudar" (MERSENNE, *apud* MATHIEU, 1906b, p. 779-80).

Para Roberval, a situação também é difícil. Antes, ele defendia a existência de uma *atração* no espaço vazio do barômetro; agora, ele percebe que esse espaço não é vazio e que nele há uma *pressão* produzida pelo ar. O que, então, sustenta a coluna de mercúrio?

19 O EXPERIMENTO DO VÁCUO NO VÁCUO

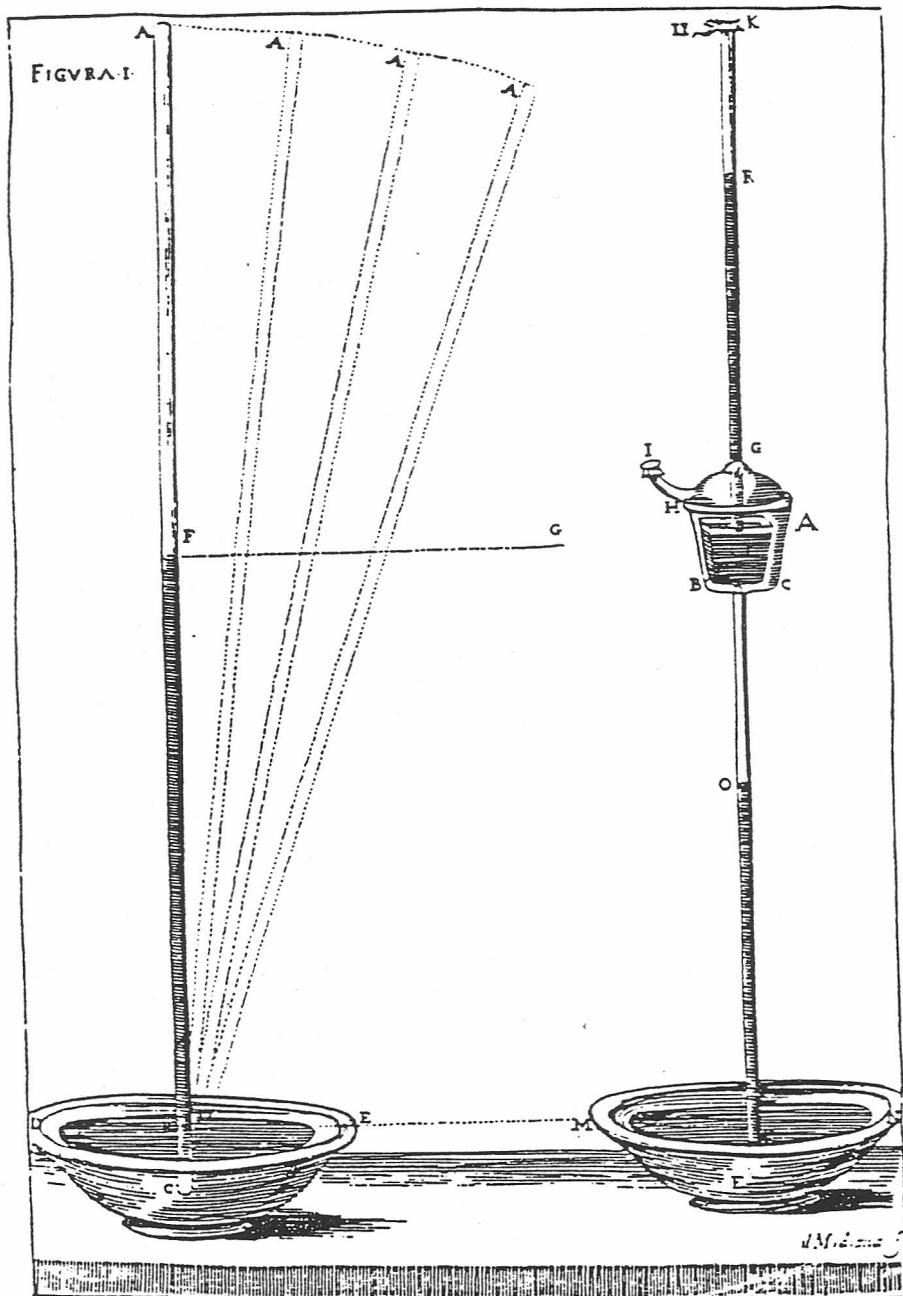
Roberval irá se convencer de que essa causa é a pressão do ar externo. A conversão de Roberval (que coincide com a de Mersenne) se dá em julho de 1648. Ela é devida ao "experimento do vácuo no vácuo" – sobre o qual há também uma longa discussão. Algumas vezes, o experimento é atribuído a Pascal, outras vezes a Roberval ou a Adrien Auzout. Embora este seja um ponto importante da tese de Félix Mathieu contra Pascal, não vamos nos deter sobre a questão do *autor* do experimento e sim discutir sua natureza e importância (ver descrições e variantes em MIDDLETON, *The experimenters*, p. 109; POWER, *Experimental philosophy*, p. 120; ROHAULT, *Traité de physique*, vol. 1, cap. 12, § 49, p. 124).

Utiliza-se um tubo de vidro longo, aberto dos dois lados, tendo em uma das extremidades uma ampla dilatação, além de um tubo lateral. Estando a dilatação voltada para cima, coloca-se dentro dela uma cuba de fundo retangular, de modo a não tampar o orifício do tubo. Toma-se, então, um segundo tubo, simples, aberto nas duas extremidades. Uma das extremidades é colocada na cuba retangular e a outra extremidade, aberta, projeta-se para fora da abertura da dilatação. Coloca-se então uma membrana impermeável e forte, que tampa a dilatação do tubo maior, deixando passar o segundo tubo (às vezes, usa-se uma tampa de vidro). As emendas são vedadas cuidadosamente. Tem-se, assim, um barômetro dentro de outro.

Assim preparado o aparelho, fecha-se a extremidade inferior do tubo maior; despeja-se então mercúrio pelo alto do tubo menor, deixando aberto o tubo lateral, por onde sai o ar. Quando o tubo maior, a cuba e a dilatação estão cheios, o tubo lateral é fechado com outra membrana impermeável. Acaba-se então de encher o próprio tubo pequeno, que é também fechado. Agora, todo o aparelho está cheio de mercúrio.

Colocando-se a extremidade inferior do tubo maior em uma cuba cheia de mercúrio, essa extremidade é destampada. O mercúrio desce, esvaziando completamente o tubo superior e parte do tubo inferior (até o nível barométrico normal). Embora a cuba retangular retenha mercúrio, o tubo superior se esvaziou.

Agora, perfurando-se com uma agulha a membrana que veda o tubo lateral, deixan-

FIGVRA·I·
A
A
A
A
F
G
E
M
C
H
K
R
G
I
H
A
B
C
O
E

do-se entrar o ar aos poucos, a coluna de mercúrio do tubo inferior começa a descer. Simultaneamente, o tubo superior começa a se encher de mercúrio. Se o tubo superior for suficientemente alto, ele se preencherá de mercúrio até a altura barométrica normal, quando o tubo lateral for totalmente destampado.

Esse experimento, de difícil descrição, era de fácil compreensão, quando visto. Mostrava, basicamente, que um barômetro em um espaço sem ar não funciona; e que a altura da coluna de mercúrio depende da pressão do ar contido no aparelho.

Esse experimento do vácuo no vácuo é citado por Mersenne como decisivo, a partir de junho de 1648. Ele também convence Roberval no mesmo mês.

> A experiência do vácuo feita no vácuo prova de uma forma definitiva que a suspensão do mercúrio é devida à pressão da coluna de ar; se um pequeno tubo é encerrado no vazio de um tubo grosso, o mercúrio cai completamente; mas ele sobe logo que o ar penetra no tubo grosso (MERSENNE, *apud* MATHIEU, 1906b, pp. 780-1).

Embora importante, essa experiência, é claro, não prova o que Mersenne afirma. Ela prova que a pressão do ar produz efeitos sobre o mercúrio. Mas não prova que não existe o puxão ou atração do vácuo. Vamos assumir que essa atração existe; a experiência havia mostrado que ela não depende do tamanho do espaço vazio; pensemos agora em um barômetro colocado no espaço vazio: a parte superior (vazia) do tubo atrai o mercúrio, mas ele é igualmente atraído pelo vazio *externo* ao tubo; portanto, o mercúrio não deve subir no tubo. Explica-se assim, muito bem, o resultado do experimento. Além disso, até essa época, não se havia explicado a causa dessa sensação de puxão ou atração do dedo pelo vácuo do tubo. A teoria do puxão explicava efeitos que a pressão atmosférica não explicava (aliás, mais uma vez, aqui ocorre o que foi assinalado antes: estudantes de física elementar sentem enorme dificuldade em aceitar que o vácuo não suga os corpos).

20 ÚLTIMAS CONTRIBUIÇÕES DE PASCAL

Alguns meses após a divulgação do experimento do vácuo no vácuo, o cunhado de Pascal sobe o Puy-de-Dôme e realiza o experimento de Torricelli a diferentes altitudes, verificando que a altura da coluna de mercúrio é menor às maiores altitudes (ver "Descrição da grande experiência . . . ", neste volume). Agora,no entanto, o teste não produz mais o mesmo impacto que teria um ano antes.

É na publicação em que descreve esse experimento (outubro ou novembro de 1648) que Pascal defende pela primeira vez (por escrito) a pressão do ar como causa dos fenômenos atribuídos ao vácuo. O experimento do Puy-de-Dôme é descrito por ele como crucial, inexplicável de acordo com a idéia do horror ao vazio. Novamente, é fácil ver que ele não era conclusivo, pois tudo o que se aplica ao experimento do vácuo no vácuo se aplica também aqui.

Também é importante indicar que, mesmo posteriormente, continuaram a existir autores que negavam a existência do vácuo, explicando todos os experimentos de acordo com as concepções de Descartes (como o influente Jacques Rohault – ver ROHAULT, *Traité de Physique*, vol. I, cap. XII, pp. 94-133) e outros que adotavam explicações di-

ferentes da pressão atmosférica (por exemplo, POWER, *Experimental philosophy*; HALE, *Difficiles nugae*; LINUS, *Tractatus de corpore inseparabilitate*). Não se tratava de simples idiotas incapazes de compreender as evidências; nesta, como em outras questões científicas, o consenso, quando ocorre, não é fruto de *prova*: sempre existem outras alternativas plausíveis.

Após 1648, a questão do vácuo e da pressão do ar se acalma, até o surgimento das bombas de vácuo (Otto von Guericke e Robert Boyle). A famosa demonstração dos hemisférios de Magdeburg, por von Guericke, foi realizada em torno de 1654 (ver a descrição do próprio von Guericke, em: MADEY & BROWN, *History of vacuum science*, pp. 67-9). Pouco depois, a partir de uma descrição da aparelhagem de Guericke, Boyle manda construir (por Robert Hooke) uma bomba semelhante, publicando em 1660 seus primeiros resultados. Esses trabalhos, baseados em nova metodologia, geraram outra onda de interesse pelo assunto (e novas controvérsias — por exemplo, entre Boyle, Linus, Hobbes, Deusingius, Clerke e outros).

Depois do experimento do Puy-de-Dôme, em 1648, Pascal vai se afastando das pesquisas físicas. Em 1663, um ano após sua morte, são publicados seus tratados "Sobre o equilíbrio dos líquidos" e "Sobre o peso da massa de ar" (ver neste volume). Escritos provavelmente entre 1651 e 1654, esses tratados mutuamente complementares apresentam, de forma muito clara e sistemática, teoria e experiências relativas à hidrostática e à pressão atmosférica. Há poucos resultados originais nesses tratados. Segundo Duhem,

> . . . vimos que Mersenne, Stevin, Benedetti, Galileo, Descartes e Torricelli, todos exerceram influência sobre o autor do "Tratado do equilíbrio dos líquidos"; nesse tratado não se encontra, sem dúvida, nenhuma verdade que não se origina de algum desses geômetras (DUHEM, 1905, p. 609).

No entanto, Pascal é o primeiro a organizar de forma clara todo esse material. Com poucas críticas, os tratados poderiam ser utilizados ainda hoje como obras didáticas.

Isso nos traz ao final desta introdução histórica. Agora, cumpre ao leitor estudar os próprios textos de Pascal.

SEGUNDA PARTE

TRATADOS FÍSICOS DE BLAISE PASCAL[1]

FRAGMENTO DE UM "TRATADO SOBRE O VÁCUO"[2]

O respeito devotado à Antigüidade chegou hoje a um tal ponto, em assuntos nos quais deveria ter menos força, que todos seus pensamentos são transformados em oráculos e mesmo suas obscuridades em mistérios, [de tal forma] que não se pode mais propor novidades sem perigo e que o texto de um autor é suficiente para destruir os argumentos mais fortes . . . [lacuna com cerca de 10 linhas][3]

Minha intenção não é a de corrigir um vício por outro e de negar toda estima aos antigos, por lhes terem concedido demais. Não pretendo banir sua autoridade para colocar em relevo apenas o raciocínio, embora se tente estabelecer essa autoridade sozinha, com prejuízo do raciocínio . . . [lacuna de duas linhas][4].

Para fazer atentamente essa importante distinção, deve-se considerar que algumas dependem apenas da memória e são puramente históricas, tendo por único objeto saber o que os autores escreveram; as outras dependem apenas do raciocínio e são completamente ocultas. As do primeiro tipo são tão limitadas quanto os livros nos quais estão contidas . . . [lacuna]

---

[1] *Nota editorial:* Os textos de Pascal desta Segunda Parte foram traduzidos a partir da edição de Brunschvicg das *Oeuvres de Pascal* que contém grande número de notas e introduções esclarecedoras. A edição mais antiga das obras completas de Pascal é a que foi editada pelo Abade Bossut, em 1779. Há uma edição mais recente das *Oeuvres complètes*, por J. Chevalier, que contém os textos científicos (ausentes na maior parte das coletâneas de Pascal). Há uma tradução inglesa desses textos na coleção "Great books of the western world" da *Encyclopaedia Britannica*.

A tradução de todos os textos é de Roberto de A. Martins, que é também autor das notas de rodapé. A tradução foi revista por Lilian Al-Chuyer Pereira Martins.

[2] Este fragmento de prefácio destinado a encabeçar um grande *Tratado sobre o vácuo* foi publicado pela primeira vez por Bossut, em sua edição das obras de Pascal, (vol. 2, pp. 1-12), a partir de uma cópia manuscrita do padre Guerrier. O original, que não foi conservado, estava, de acordo com Guerrier, cheio de falhas e era muito imperfeito. Bossut lhe deu o título "Sobre a autoridade em assuntos de Filosofia". A data de composição desse texto é incerta. Supõe-se, em geral, tratar-se de um texto escrito em fins de 1647, para responder às objeções e resistências que Pascal encontra a seus primeiros trabalhos. É um escrito de caráter metodológico. Foi traduzido a partir da edição de Brunschvicg (*Oeuvres*, vol. 2, pp. 127-45).

[3] As lacunas são indicadas no texto de acordo com as anotações feitas pelo padre Guerrier.

A intenção inicial de Pascal é, claramente, a de criticar aqueles que apenas respeitam a tradição e não aceitam novidades.

[4] Nesta lacuna, Pascal aparentemente se refere à necessidade de distinguir certos casos em que a autoridade é válida e outros em que o critério deve ser o raciocínio.

É seguindo essa distinção que se deve regrar de formas diferentes a extensão desse respeito. O respeito que se deve ter por . . . [lacuna]

Nos assuntos em que se procura apenas saber o que os autores escreveram, como na História, na Geografia, na Jurisprudência, nas Líguas [lacuna] e sobretudo na Teologia [lacuna de uma ou duas palavras] e enfim em todos os que possuem por princípio seja o simples fato, instituição divina ou humana, deve-se necessariamente recorrer aos livros, pois tudo o que se pode saber sobre isso lá está contido: assim, é evidente que se pode ter seu conhecimento completo e que nada se lhe pode adicionar.

Quando se trata de saber quem foi o primeiro rei dos franceses; em que lugar os geógrafos colocaram o primeiro meridiano; que palavras são utilizadas em uma língua morta; e todas as coisas dessa natureza, que outros meios senão os livros poderiam nos conduzir? E quem poderá adicionar algo de novo ao que eles nos ensinam, já que não se quer saber senão o que eles contêm? Só a autoridade pode nos esclarecer isso. É entretanto na Teologia que essa autoridade tem sua maior força, pois aí ela é inseparável da verdade e só a conhecemos por aquela – de modo que para dar total certeza sobre os assuntos mais incompreensíveis à razão, é suficiente mostrá-los nos livros sagrados (assim como, para mostrar a incerteza das coisas mais verossímeis, basta mostrar que elas não estão lá contidas); pois, como seus princípios estão acima da natureza e da razão, e, sendo o espírito humano muito fraco para lá chegar por seus próprios esforços, não pode atingir essas compreensões elevadas se não for levado até lá por uma força onipotente e sobrenatural.

O mesmo não ocorre com os assuntos que caem sob os sentidos ou sob o raciocínio: aqui a autoridade é inútil; só a razão pode conhecê-los. Elas possuem seus direitos separados: primeiramente, uma [a autoridade] possuía toda vantagem; aqui, a outra [a razão] reina, por sua vez.. Mas como os assuntos deste tipo [do domínio da razão] são proporcionais ao alcance do espírito, ele encontra total liberdade de aí avançar; sua fecundidade inesgotável produz continuamente e suas invenções podem em conjunto ser ininterruptas e infinitas. . .[lacuna]

Assim é que a Geometria, a Aritmética, a Música, a Física, a Medicina, a Arquitetura e todas as ciências que estão submetidas à experiência e ao raciocínio devem ser ampliadas para tornar-se perfeitas. Os antigos encontraram-nas apenas esboçadas por aqueles que os precederam; e deixá-las-emos àqueles que virão depois de nós em um estado mais completo do que aquele em que as recebemos. Como sua perfeição depende do tempo e do esforço, é evidente que, mesmo se nosso esforço e nosso tempo nos fornecerem menos do que seus trabalhos [dos antigos] isoladamente, no entanto, os dois reunidos devem efetuar juntos mais do que cada um em particular.

O esclarecimento dessa diferença deve fazer-nos lamentar a cegueira daqueles que trazem apenas a autoridade como prova nos assuntos físicos, ao invés de raciocínio ou experiências; e horrorizar-nos pela malícia dos outros, que empregam apenas o raciocínio na Teologia, ao invés da autoridade da Escritura e dos Patriarcas. É preciso estimular a coragem dessas pessoas tímidas que nada ousam inventar em Física e con-

fundir a insolência desses temerários que produzem novidades em Teologia[5]. No entanto, tal é a infelicidade do século, que são vistas muitas opiniões novas em Teologia, desconhecidas em toda a antigüidade, sustentadas com obstinação e recebidas com aplauso; enquanto aquelas que são produzidas na Física, embora em pequeno número, parecem dever serem condenadas como falsas caso se choquem, por pouco que seja, contra as opiniões herdadas: como se o respeito que se tem pelos antigos filósofos fosse um dever e aquele que se dedica aos mais antigos Padres fosse apenas bondade! Deixo às pessoas judiciosas que observem a importância desse abuso que perverte a ordem das ciências de modo tão injusto; e creio que haverá poucas que não desejem que essa [liberdade] se aplique a outros assuntos, pois as novas invenções [em Teologia] são infalivelmente erros em assuntos que se profana impunemente; e são absolutamente necessárias para o aperfeiçoamento de tantos outros assuntos, incomparavelmente inferiores que, no entanto, não se ousa tocar.

Distribuamos com maior justiça nossa credulidade e nossa deconfiança e limitemos esse respeito que temos pelos antigos. Como a razão o faz nascer, ela deve também dar-lhe uma medida. Consideremos que se eles [os antigos] tivessem permanecido nessa restrição que nada ousava adicionar aos conhecimentos que receberam, ou se os seus contemporâneos tivessem resistido à recepção das novidades que lhes ofereceram, teriam privado a si próprios e à sua posteridade do fruto de suas invenções. Eles se serviram daquelas [invenções] que lhes foram legadas apenas como meios para atingir novas; e essa feliz ousadia lhes abriu o caminho para grandes coisas; assim, devemos da mesma forma tomar as que nos forneceram e, seguindo seu exemplo, transformálas em meios e não no fim de nosso estudo, procurando ultrapassá-los, imitando-os. Haveria algo mais injusto do que tratar nossos antigos com mais restrições do que eles o fizeram com os que os precederam e ter por eles esse respeito como inviolável que só mereceram de nós porque não tiveram um igual por aqueles que os antecederam?. . . [lacuna de cinco ou seis linhas]

Os segredos da natureza são ocultos, embora ela sempre atue, seus efeitos não são sempre descobertos: o tempo os revela de era em era e, embora seja sempre a mesma, não nos é sempre igualmente conhecida. As experiências que no-los ensinam multiplicam-se continuamente; e como elas são o único princípio da Física, as conseqüências se multiplicam proporcionalmente. Dessa forma pode-se hoje adotar outros sentimentos e novas opiniões sem desprezo e sem ingratidão, pois os primeiros conhecimentos que eles nos forneceram serviram de degraus para os nossos e por essa vantagem somos-lhes devedores por estarmos acima deles; pois, tendo se elevado até um certo grau ao qual nos conduziram, o menor esforço nos faz subir mais alto; e com menor esforço e menor glória, encontramo-nos acima deles[6]. É por isso que podemos descobrir coisas que lhes

---

[5] Aqui, Pascal ataca (com toda sinceridade) as heresias que introduzem algo de novo na religião. Como se sabe, Pascal chegou a denunciar e atacar um religioso, por heresia.

[6] Encontra-se aqui a idéia de que os modernos são capazes de ver mais longe por estarem montados sobre ombros de gigantes — imagem que será consagrada por Newton e por Einstein mas que é na verdade anterior a Pascal, aparecendo em Erasmo e reaparecendo em Francis Bacon, Mersenne, Montaigne.

era impossível perceber. Nossa visão possui maior alcance e, embora eles conhecessem tão bem quanto nós tudo o que podiam observar na natureza, não conheciam tanto e vemos mais do que eles.

No entanto, é estranho o modo como são reverenciados seus sentimentos. Torna-se um crime contradizê-los e um atentado acrescentar-lhes algo, como se não tivessem deixado mais verdades a serem conhecidas. Não seria isso tratar indignamente a razão humana e colocá-la no mesmo nível do instinto dos animais, já que se retira sua principal diferença -- que consiste no aumento incessante dos efeitos do raciocínio enquanto que o instinto permanece sempre igual? As células das abelhas eram tão bem medidas mil anos atrás quanto hoje e cada uma delas forma esse hexágono tão exatamente na primeira vez quanto na última. O mesmo ocorre com tudo o que os animais produzem por esse movimento oculto. A natureza os instrui à medida que são pressionados pela necessidade; mas essa ciência frágil se perde com as exigências que possuem: como a recebem sem estudo, não possuem a felicidade de conservá-la; e todas as vezes que ela lhes é dada, é nova, para eles, pois, como a natureza só tem o objetivo de manter os animais em uma ordem de perfeição limitada, inspira-lhes essa ciência necessária, sempre igual, temendo que pereçam; e não permite que nada lhe adicionem, temendo que ultrapassem os limites que lhes prescreveu. O mesmo não ocorre com o homem, que só foi produzido para o infinito. Na primeira idade de sua vida, ele é ignorante; mas instrui-se incessantemente em seu progresso, pois tira proveito não apenas de sua própria experiência mas também da de seus predecessores, pois retém sempre em sua memória os conhecimentos que adquiriu e os dos antigos lhe estão sempre presentes nos livros que lhe deixaram. E como conserva esses conhecimentos, pode também aumentá-los facilmente; assim, os homens hoje estão de certo modo no mesmo estágio em que estariam esses antigos filósofos se tivessem podido envelhecer até o presente, adicionando aos conhecimentos que possuíam aqueles que seus estudos ter-lhes-iam proporcionado graças a tantos séculos. Por isso, por uma prerrogativa particular, não só cada homem avança dia a dia nas ciências, mas também o conjunto dos homens progride continuamente à medida que o universo envelhece; pois a mesma coisa que ocorre nas diferentes idades de um indivíduo ocorre na sucessão dos homens. Assim, toda a seqüência dos homens, no decurso de tantos séculos, pode ser considerada como um mesmo homem que sempre permanece e que aprende continuamente. Assim se vê quão injustamente respeitamos a antigüidade desses filósofos; pois, assim como a velhice é a idade mais distante da infância, quem não percebe que a velhice desse homem universal não deve ser buscada nos tempos próximos ao seu nascimento, mas sim nos que lhe estão mais distantes? Os que chamamos de 'antigos eram na verdade novos em tudo e formavam propriamente a infância da humanidade e, como adicionamos a seus conhecimentos a experiência dos séculos que os sucederam, é em nós que pode ser encontrada essa antigüidade que reverenciamos nos outros.

Eles devem ser admirados pelas conseqüências que souberam extrair corretamente dos poucos princípios que possuíam; e devem ser desculpados por aquelas em que lhes faltou mais a felicidade da experiência do que a força do raciocínio.

Não seriam eles desculpáveis pelo que pensaram sobre a Via Láctea quando, não tendo a fraqueza de seus olhos recebido ainda o auxílio do artifício, atribuíram essa

cor a uma maior solidez dessa parte do céu, que refletiria a luz com mais força? Mas não seríamos indesculpáveis por permanecer com a mesma idéia, agora que, auxiliados pela vantagem obtida pela luneta de aproximação, aí descobrimos uma infinidade de pequenas estrelas, cujo esplendor mais abundante nos fez reconhecer a verdadeira causa dessa brancura?

Não teriam também direito de dizer que todos os corpos corruptíveis estavam encerrados na esfera do céu da Lua, se durante a passagem de tantos séculos não tinham ainda notado corrupções nem gerações fora desse espaço? Mas não devemos asseverar o contrário, quando toda a Terra viu sensivelmente cometas que se inflamavam e desapareciam bem além dessa esfera?

Assim é que, sobre o tema do vácuo, tinham o direito de dizer que a natureza não o permite, pois todas suas experiências sempre lhes haviam feito observar que ela lhe tinha horror e não podia admiti-lo. Mas se as novas experiências lhes fossem conhecidas, talvez chegassem a afirmar aquilo que puderam negar enquanto o vácuo ainda não havia aparecido. Ao afirmarem que a natureza não admitia o vácuo, só pretenderam falar sobre a natureza no estado em que a conheciam; pois, para afirmá-lo de modo geral, não bastaria tê-la visto constantemente nem em cem encontros, nem em mil, nem em qualquer outro número, por maior que fosse; pois, se restasse um só caso a examinar, esse único seria suficiente para impedir a definição geral; e se um só fosse contrário, esse único... [lacuna de duas linhas]. Pois em todos os assuntos nos quais a prova consiste em experiências e não em demonstrações não se pode fazer uma asserção universal senão pela enumeração geral de todas as partes e de todos os casos diferentes[7]. Assim, quando dizemos que o diamante é o mais duro de todos os corpos que conhecemos e não podemos nem devemos aí incluir aqueles que não conhecemos; e quando dizemos que o ouro é o mais pesado de todos os corpos, seríamos temerários se incluíssemos nessa proposição geral aqueles que não conhecemos mas que podem existir na natureza. Da mesma forma, quando os antigos asseguraram que a natureza não admitia o vácuo, quiseram dizer que ela não o admitia em todas as experiências que viram; e não poderiam, sem temeridade, aí incluir aquelas que não lhes eram conhecidas. Se elas o fossem, sem dúvida teriam tirado as mesmas conseqüencias que nós e por sua anuência lhes teria dado a autoridade dessa antigüidade da qual hoje se quer fazer o único princípio das ciências[8].

Assim, sem contradizê-los, podemos afirmar o contrário do que diziam e, enfim, por maior que seja a força dessa antigüidade, a verdade deve sempre vencer, embora descoberta recentemente; pois ela é sempre mais antiga do que todas as opiniões que se teve; e imaginar que ela tivesse começado a existir quando começou a ser conhecida seria ignorar sua natureza.

---

[7] A posição de Pascal, neste texto, é fortemente empirista e contrária a argumentos *a priori* na ciência.

[8] A visão de Pascal é um pouco ingênua, como se fosse possível apenas uma única conseqüência a partir de um conjunto de observações. Na verdade, diante das experiências conhecidas por Pascal, muitos pensadores mantiveram a crença na impossibilidade do vácuo — e não se pode dizer que fosse apenas por preconceito. O ponto importante é que os dois lados queriam afirmar algo mais além do que era dado pelas observações.

EXPERIENCES NOVVELLES TOVCHANT LE VVIDE

Faites dans des Tuyaux, Syringues, Soufflets, & Siphons de plusieurs longueurs & figu-res : Auec diuerses liqueurs, comme vif-argent, eau, vin, huyle, air, &c.

Auec vn discours sur le mesme sujet.

Où est monstré qu'vn vaisseau si grand qu'on le pourra faire, peut estre rendu vuide de toutes les matieres connuës en la nature, & qui tombent sous les sens.

Et quelle force est necessaire pour faire admettre ce vuide.

Dedié à Monsieur PASCAL Conseiller du Roy en ses Conseils d'Estat & Priué.

Par le sieur B. P. son fils.

Le tout reduit en Abbregé, & donné par aduance d'vn plus grand traicté sur le mesme sujet.

A PARIS, Chez PIERRE MARGAT, au Quay de Gesvres, à l'Oyseau de Paradis.

M. DC. XLVII. *Auec Permission.*

NOVAS EXPERIÊNCIAS SOBRE O VÁCUO,

FEITAS EM TUBOS, SERINGAS, FOLES E SIFÕES DE VÁRIOS COMPRIMENTOS E FORMAS: COM DIVERSOS LÍQUIDOS, COMO MERCÚRIO, ÁGUA, VINHO, ÓLEO, AR, ETC.

COM UM DISCURSO SOBRE O MESMO ASSUNTO.

ONDE SE MOSTRA QUE UM VASO, POR MAIOR QUE POSSA SER, PODE SER TORNADO VAZIO DE TODAS AS MATÉRIAS CONHECIDAS E PERCEPTÍVEIS DA NATUREZA.

E QUE FORÇA É NECESSÁRIA PARA FAZER ENTRAR ESSE VAZIO.

DEDICADO AO SENHOR PASCAL, CONSELHEIRO DO REI EM SEUS CONSELHOS DE ESTADO E PRIVADOS.

POR SEU FILHO B.P.

SENDO O CONJUNTO UM RESUMO ANTECIPADO DE UM TRATADO MAIOR SOBRE O MESMO ASSUNTO[9].

AO LEITOR

Meu caro leitor, como algumas considerações me impediram de apresentar atualmente um *Tratado* completo onde descrevi grande quantidade de novas experiências que fiz sobre o vácuo e as conseqüências que daí tirei, desejei fazer uma descrição das principais neste resumo onde vereis antecipadamente o plano da obra toda.

Tal foi a ocasião dessas experiências: *Há cerca de quatro anos, na Itália, provou-se que um tubo de vidro de quatro pés, do qual uma extremidade está aberta e a outra hermeticamente selada, estando preenchido por mercúrio, depois tampando-se a abertura com o dedo ou de outra forma e dispondo-se o tubo perpendicularmente ao horizonte, com a abertura tampada para baixo e mergulhada dois ou três dedos no mercúrio contido em um recipiente cheio pela metade de mercúrio e a outra metade de água; se a abertura é destampada permanecendo sempre mergulhada no mercúrio do vaso, o mercúrio do tubo desce parcialmente, deixando no alto do tubo um espaço aparentemente vazio, ficando a parte de baixo do mesmo tubo cheia do mesmo mercúrio até certa altura. E se o tubo é erguido um pouco até que sua abertura, que antes penetrava no mercúrio do vaso, saindo desse mercúrio, chega à região da água, o mercúrio do tubo*

---

[9] Esta foi a primeira publicação de Blaise Pascal. Trata-se de um pequeno folheto, com quatro folhas numeradas e 31 páginas. O título do original é: *Expériences novvelles tovchant le vvide, faites dans des tuyaux, syringues, souflets, et siphons de plusieurs longueurs et figures: auec diuerses liqueurs, comme vif-argent, eau, vin, huyle, air, etc. Auec un discours sur le mesme sujet. Où est monstré qu'vu vaisseau si grand qu'on le pourra faire, peut estre rendu vuide de toutes les matieres connuës de la nature, et qui tombent sous les sens. Et quelle force est necessaire pour faire admettre ce vuide. Dedié à Monsieur Pascal conseiller du Roy en ses conseils d'État et Priué. Par le sieur B.P. son fils. Le tout reduit en abbregé, et donné par advance d'vn plus grand traicté sur le mesme*

sobe até o topo, com a água; e esses dois líquidos se misturam no tubo: mas por fim todo o mercúrio cai e o tubo fica todo cheio de água.

Tendo essa experiência sido remetida de Roma ao Rev. Pe. Mersenne, Mínimo de Paris, ele a divulgou na França no ano de 1644, para admiração de todos os sábios e curiosos, tornando-se famosa em todos os lugares por sua comunicação; eu a conheci pelo Sr. Petit, Intendente das Fortificações e muito versado em todas as belas artes, que a recebera do próprio Rev. Mersenne. Realizamo-la juntos em Rouen, o acima citado Sr. Petit e eu[10], do mesmo modo como ela havia sido feita na Itália, encontrando ponto por ponto aquilo que havia sido enviado daquele país, sem então haver notado nela nada de novo.

Depois, refletindo por mim mesmo sobre as conseqüências dessas experiências, confirmou-se-me o pensamento que sempre tive de que o vácuo não era uma coisa impossível na Natureza e que ela não lhe fugia com tanto horror quanto a maioria imaginava.

O que me forçava a pensar isso era o pequeno fundamento que percebia na máxima tão aceita, de que a Natureza não suporta o vácuo, que só é apoiada por experiências das quais a maior parte é falsa, embora consideradas como muito constantes; e das outras, umas estão longe de contribuir para essa prova e mostram que a Natureza tem horror ao excesso de plenitude e não que ela foge do vazio; e as mais favoráveis não mostram senão que a Natureza tem horror pelo vazio, não mostrando que ela não pode aceitá-lo.

À fraqueza desse princípio, eu adicionava as observações feitas diariamente da rarefação e condensação do ar, que, como alguns provaram, pode ser condensado até a milésima parte do lugar que parecia ocupar antes[11]; e que se refaz tanto, que achei necessário ou que houvesse um grande vazio entre suas partes, ou que houvesse penetração de dimensões. Mas como ninguém aceitasse isso como prova, acreditei que essa experiência da Itália fosse capaz de convencer mesmo aqueles que mais se preocupam com a impossibilidade do vazio.

No entanto, a força da prevenção ainda fez com que fossem encontradas objeções que lhe tirassem a crença que merecia[12]. Uns disseram que o topo do tubo estava cheio de espíritos do Mercúrio; outros, de um grão de ar imperceptível, rarefeito,

---

sujet. Paris, Pierre Margat, 1647. A autorização de publicação (que consta no final do folheto) é de 8 de outubro de 1647. O texto foi traduzido a partir da edição de Brunschvicg (*Oeuvres*, vol. 2, pp. 53-76).

[10] Neste texto, Pascal não cita o nome de Torricelli e, posteriormente, afirmou que nessa época não sabia quem fizera a experiência na Itália. Na descrição que consta de uma carta de Petit a Charut (ver *Apêndice 2* deste volume), o nome de Torricelli é claramente citado. Por essa mesma carta, fica claro que Petit realizou a experiência com o pai de Blaise Pascal, tendo o filho pequena participação no episódio.

[11] Nessa época, ainda não era possível comprimir o ar até 1/1000 de seu volume. No entanto, supunha-se que o vapor d'água e o ar eram da mesma natureza e também se sabia que a densidade do ar era cerca de 1/1000 da densidade da água; portanto, quando "o ar se condensava em água", seu volume ficava 1000 vezes menor. Mersenne, em 1644, havia publicado um trabalho sobre essa questão (ver DUHEM 1906, p. 782).

[12] Pascal imagina que só a "prevenção" (preconceito, respeito excessivo à autoridade) impedia aceitar o vácuo. Como foi mostrado na primeira parte deste volume, a situação era muito mais complexa.

outros, de uma matéria que apenas existia em sua imaginação[13]; e todos, conspirando para banir o vazio, exerceram à vontade esse poder do espírito, chamado nas Escolas de 'Sutileza', que, para resolver dificuldades verdadeiras, apenas fornece palavras vãs, sem fundamento. Resolvi-me portanto a fazer experiências tão convincentes que estivessem à prova de todas as objeções que lhes pudessem fazer; e fiz um grande número delas no início deste ano, das quais algumas possuem alguma relação com a da Itália e outras lhe estão completamente afastadas, nada tendo de comum com ela; e foram tão exatas e tão felizes que mostrei por seu intermédio que um recipiente tão grande quanto possa ser feito[14] pode ser tornado vazio de todas as matérias perceptíveis conhecidas na Natureza; e que força é necessária para introduzir esse vazio. Foi também assim que testei a altura necessária a um sifão para produzir o efeito esperado, altura limitada após a qual ele não age mais, contrariamente à opinião tão universalmente aceita no mundo durante tantos séculos, como também a pouca força necessária para puxar o pistão de uma seringa, sem que o siga matéria nenhuma — e muitas outras coisas que vereis na obra completa, na qual tenho o propósito de mostrar que força a Natureza emprega para evitar o vazio e que ela o admite e o suporta realmente em um grande espaço, que se torna facilmente vazio de todas as matérias perceptíveis. Foi por isso que dividi o Tratado em duas Partes, das quais a primeira compreende a descrição de todas minhas experiências, com figuras, e uma recapitulação daquilo que aí se vê, dividida em várias máximas. E a segunda, as conseqüências que daí tirei, divididas em várias proposições, onde mostrei que o espaço vazio em aparência, que surgiu nas experiências, é efetivamente vazio de todas as matérias perceptíveis conhecidas na Natureza[15]. E na conclusão, forneço meu sentimento sobre o assunto do vácuo e respondo às objeções que podem ser feitas. Assim, contento-me em mostrar um grande espaço vazio e deixo às pessoas sábias e curiosas o teste daquilo que ocorre em tal espaço; como: se os animais aí vivem; se o vidro aí diminui sua refração; e tudo o que aí se pode fazer: não fazendo menção alguma disso nesse Tratado, do qual julguei de bom propósito fornecer esse Sumário antecipado, pois, tendo feito essas experiências com muitas despesas, esforço e tempo, temi que um outro que não tenha nisso empregado tempo, dinheiro ou esforço, antecipando-me, desse ao público coisas que não tivesse visto e que conseqüentemente não poderia descrever com a exatidão e ordem

---

[13] Trata-se do éter ou "matéria sutil", concepção fundamental na obra de Descartes (*Principia philosophiae*), publicada em 1644. Marca-se desde aqui a oposição de Pascal à filosofia cartesiana.

[14] Aqui, evidentemente, Pascal extrapola os resultados de suas observações. Afirmar, a partir de um número finito de experimentos limitados, que o mesmo resultado ocorrerá com recipientes com os maiores volumes que se possa construir é tão pouco fundamentado quanto afirmar a impossibilidade do vácuo, seja qual for a força empregada, a partir de experimentos com pequenas forças.

[15] Esse *Tratado* aqui anunciado por Pascal parece nunca ter sido escrito. Entre os manuscritos de Pascal, após sua morte, foi encontrado o *Tratado sobre o equilíbrio dos líquidos e sobre o peso da massa de ar* (ver mais adiante, neste volume), cuja estrutura não corresponde à descrição aqui apresentada por Pascal. O fragmento de *Prefácio* ao *Tratado* é a única parte restante. Outros fragmentos encontrados entre seus papéis (e que não são traduzidos aqui) parecem ter pertencido a uma terceira obra; pressupõem o conhecimento de variações da pressão atmosférica, que Pascal não possuía em 1647.

necessárias para deduzí-las como se deve: não havendo ninguém que tenha possuído tubos e sifões do comprimento dos meus; e poucos que desejassem dar-se o trabalho necessário para tê-los[16].

E como as pessoas honestas possuem, juntamente com a inclinação geral de todos os homens de manter suas posses justas, a de recusar a honra que não lhes é devida, aprovareis sem dúvida que me defenda igualmente daqueles que quisessem retirar-me algumas das experiência que aqui vos dou e que vos prometo no Tratado completo, pois são de minha invenção; e daqueles que me atribuíram a da Itália da qual vos falei, pois ela não o é. Pois embora a tenha realizado de mais formas do que qualquer outro e com tubos de doze e até quinze pés de comprimento, no entanto não falarei dela apenas nesses escritos, pois não sou seu inventor; não tendo senão o propósito de fornecer aquelas que me são particulares e de meu próprio gênio.

RESUMO DA PRIMEIRA PARTE, NA QUAL SÃO DESCRITAS AS EXPERIÊNCIAS

Experiências

1. [Estando] uma seringa de vidro, com um pistão bem justo, mergulhada inteiramente na água, tampando-se a abertura com o dedo, de modo que ele toque a parte de baixo do pistão, colocando para isso a mão e o braço na água; não se precisa senão de uma força medíocre para retirá-lo [o pistão] e fazer que ele se separe do dedo, sem que a água aí entre de forma nenhuma (o que os Filósofos acreditaram não poder ser feito com nenhuma força finita): e assim o dedo se sente fortemente puxado e dolorido; e o pistão deixa um espaço aparentemente vazio, onde não parece que nenhum corpo tenha conseguido segui-lo, pois está totalmente cercado pela água que não pode aí ter acesso, estando a abertura tampada. Se o pistão é puxado mais, o espaço aparentemente vazio se torna maior; mas o dedo não sente uma atração maior. E se [a seringa] é tirada quase completamente para fora d'água, de modo que aí não fique senão sua abertura e o dedo que a tampa; então, tirando o dedo, a água, contra sua natureza, sobe com violência e preenche completamente todo o espaço que o pistão havia deixado[17].

---

[16] A pressa de Pascal em publicar seu opúsculo foi devida, pelo menos em parte, ao aparecimento da obra de Valerianus Magnus sobre o vácuo, na qual não se dava o devido crédito a Torricelli. Pascal temia que seus experimentos também fossem apropriados por outro autor.

Ao contrário do que se poderia esperar, Pascal não proporciona aqui nem em escritos posteriores os detalhes de seus experimentos. Alguns deles talvez nunca tenham sido realizados, não passando de "experiências de pensamento".

[17] Este experimento da seringa é muito interessante e original. É fácil reproduzi-lo, hoje em dia, com seringas hipodérmicas comerciais. Não se sabe qual seria o tamanho da seringa utilizada por Pascal; mas, se era possível tampar a abertura da mesma com um dedo, essa abertura não teria uma área muito superior a 1 cm^2. Como Pascal informa que o dedo tocava a parte inferior do pistão, é provável que o corpo da seringa fosse um cilindro aberto (sem uma ponta, ao contrário das seringas atuais). Nesse caso, a força necessária para mover o pistão e fazer com que ele se separe do dedo é de cerca de 10 N (aproximadamente igual ao peso de 1 Kgf). O experimento é perfeitamente factível.

2. Um fole bem fechado de todos os lados produz o mesmo efeito, com uma preparação semelhante, contrariamente ao sentimento dos mesmos Filósofos[18].
3. Um tubo de vidro de quarenta e seis pés, do qual uma extremidade está aberta e a outra hermeticamente selada, sendo enchido com água – ou preferivelmente vinho bem vermelho, para ser mais visível – depois tampado e assim elevado e colocado perpendicularmente ao horizonte, com a abertura tampada para baixo, em um vaso cheio de água, mergulhado dentro cerca de um pé; se a abertura é destampada, o vinho do tubo desce até uma certa altura, que é cerca de trinta e dois pés acima da superfície da água do vaso e se esvazia e se mistura à água do vaso que tinge sensivelmente; e desunindo-se do topo do vidro, deixa um espaço de cerca de treze pés vazio em aparência, onde também não parece que nenhum corpo possa tê-lo substituído. E se o tubo é inclinado, como então a altura do vinho do tubo se torna menor por essa inclinação, o vinho torna a subir até que retorna à altura de trinta e dois pés; e enfim se é inclinado até a altura de trinta e dois pés, fica completamente cheio, sugando de volta tanto de água quanto havia expulsado de vinho – sendo ele visto cheio de vinho do topo até treze pés perto da base e cheio de água insensivelmente tingida nos treze pés inferiores que restam[19].
4. Um sifão escaleno, cuja perna mais longa é de cinqüenta pés e a mais curta de quarenta e cinco, sendo preenchido de água, estando as duas aberturas tampadas colocadas em dois vasos cheios de água e mergulhados cerca de um pé, de modo que o sifão fique perpendicular ao horizonte e a superfície da água de um vaso seja cinco pés mais alta do que a superfície da outra; se as duas aberturas são destampadas, estando o sifão nesse estado, a perna mais longa não atrai a água da mais curta, nem conseqüentemente a do vaso onde ela está, contrariamente ao sentimento de todos os Filó-

---

É interessante notar que, durante a experiência, há a sensação de um puxão forte e doloroso no dedo que veda a abertura. Isso parecia indicar que algo dentro da seringa aparentemente vazia tinha um poder de sugar e puxar os corpos. Ainda não apareceu aqui a idéia da pressão atmosférica como causa desse fenômeno.

[18] No caso do fole, não são dados detalhes. Trata-se, provavelmente, de um experimento imaginário. De fato, se a área externa das pranchas do fole tiverem, por exemplo, 20 cm X 20 cm (um tamanho razoável para um fole doméstico), a pressão atmosférica externa produziria sobre essas superfícies uma força de cerca de 4.000 N (aproximadamente 400 Kgf). Mesmo levando-se em conta o efeito de alavanca dos "braços" do fole, seria necessário que Pascal exercesse com cada mão uma força de 200 ou 150 Kgf para abri-lo. Levando em conta que Pascal, ao invés de ser um atleta, era fraco e doentio, não é fácil imaginar como poderia ter realizado o experimento.

Além disso, deve-se levar em conta que os foles não eram construídos para suportar grandes esforços, nem possuíam boa vedação (isso não era necessário para seu uso ordinário de 'soprar' ar). Mesmo dispondo-se da força necessária, possivelmente o fole se quebraria ou permitiria entrada de água (ou ar) do exterior. Para realizar o experimento, Pascal teria que construir um fole especial, muito pequeno, resistente, com ótima vedação; se ele o fez, é curioso que não o tenha descrito.

[19] Esse experimento, embora descrito com bastante realismo, é também impossível. Como construir um tubo de vidro com 46 pés (cerca de 15 metros), suficientemente forte para poder ser erguido, cheio de líquido, sem se quebrar? O modo mais fácil de fazer o experimento teria sido manter o tubo sempre na vertical, enchê-lo por cima (com a abertura inferior tampada), depois vedar bem a abertura superior e em seguida abrir em baixo; mas não é o procedimento descrito por Pascal. Por outro lado, embora os fabricantes de vidro de Rouen fossem famosos, como poderiam soprar um

fos e artesãos; mas a água desce das duas pernas para os dois vasos, até a mesma altura que no tubo precedente, contando a altura desde a superfície da água de cada um dos vasos. Mas tendo inclinado o sifão abaixo da altura de cerca de trinta e um pés, a perna mais longa atrai a água que está no vaso da mais curta; e quando se eleva novamente acima dessa altura, isso cessa e os dois lados se esvaziam, cada um em seu recipiente; e quando é abaixado, a água da perna mais longa atrai a água da mais curta como antes[20].

5. Se colocarmos uma corda de cerca de quinze pés com um fio preso à extremidade (a qual foi deixada bastante tempo na água, para que, embebendo-se pouco a pouco, o ar que porventura nela estivesse preso saísse) em um tubo de quinze pés, selado em uma extremidade como acima, e cheio de água, de modo que não houvesse fora do tubo senão o fio preso, para puxá-la, e colocando-se a abertura dentro de mercúrio; quando se puxa a corda pouco a pouco, o mercúrio sobe proporcionalmente, até que a altura do mercúrio adicionada a 1/14 da altura que resta da água, seja de 2 pés e 3 polegadas; pois depois, quando se puxa a corda, a água deixa o alto do vidro ficando um espaço aparentemente vazio, que se torna tanto maior quanto mais se puxa a corda. Inclinando-se o tubo, o mercúrio do vaso aí entra, de modo que se ele for inclinado bastante, fica todo preenchido de mercúrio e de água que atinge violentamente o alto do tubo, fazendo o mesmo ruidoso estampido como se ela quebrasse o vidro, que de fato corre tal risco. E para se eliminar a suspeita do ar que se poderia dizer ter permanecido na corda, faz-se a mesma experiência com uma quantidade de pequenos cilindros de madeira, presos uns aos outros com um fio de latão.

6. Colocando-se no mercúrio uma seringa com um pistão perfeitamente ajustado, de modo que sua abertura nele esteja mergulhada pelo menos 1 polegada e que o resto da seringa esteja elevado perpendicularmente fora; se o pistão for retirado, a seringa permanecendo nesse estado, o mercúrio entra pela abertura da seringa, sobe e permanece unido ao pistão, até que esse se eleve na seringa 2 pés e 3 polegadas[21]. Mas depois dessa altura, se o pistão for retirado ainda mais, ele não atrai o mercúrio mais acima, e ele permanecendo sempre a essa altura de 2 pés e 3 polegadas, abandona o pistão; de

---

tubo com esse comprimento? Muitas incógnitas que, à falta de uma descrição mais detalhada, nos permitem duvidar de Pascal. Note-se também que Pascal não descreve dois importantes efeitos que teriam sido visíveis no experimento: um forte borbulhamento do líquido (ebulição do vinho ou da água, a baixa pressão, além de liberação da maior parte do ar dissolvido no líquido); e a impossibilidade de preencher totalmente o tubo com o vinho e a água, ao ser inclinado (ficaria um pequeno volume na parte superior, cheio de ar que havia sido expulso do líquido pela baixa pressão). Os dois efeitos são descritos claramente em reproduções posteriores.

[20] Como foi descrito na primeira parte deste volume, um experimento com um longo sifão havia sido efetivamente realizado por Baliani, muito tempo antes. No caso de Baliani, o sifão era metálico e estava apoiado sobre o solo de uma colina. No caso de Pascal, é difícil imaginar como se poderia erguer e abaixar o sifão, sem quebrá-lo. A descrição parece indicar que o nível da água dentro do sifão era observável — portanto, seria feito de vidro. Aplica-se aqui a crítica da nota precedente.

[21] Esta seringa deveria ter cerca de 3 pés (quase um metro) de comprimento. Seria quase impossível fazer um tubo de vidro de um metro de comprimento com seu diâmetro interior tão uniforme que um pistão pudesse correr por esse cilindro, com perfeita vedação, ao longo de todo o seu comprimento.

modo que se produz um espaço aparentemente vazio, que se torna tanto maior quanto mais ainda se puxa o pistão. *É muito provável que a mesma coisa ocorra em uma bomba de aspiração; e que a água não suba senão até a altura de 31 pés, que corresponde a 2 pés e 3 polegadas de mercúrio.* E aquilo que é mais notável, é que a seringa pesada nesse estado sem ser retirada do mercúrio, nem inclinada de nenhuma forma, pesa assim (embora o espaço aparentemente vazio seja tão pequeno quanto se queira) tanto quanto, ao retirar ainda mais o pistão, ele é tornado tão grande quanto se queira, e pesa sempre o mesmo que o corpo da seringa juntamente com o mercúrio que ela contém da altura de 2 pés e 3 polegadas, sem que houvesse ainda qualquer espaço aparenmente vazio; quer dizer, quando o pistão ainda não abandonou o mercúrio da seringa, mas está prestes a se desunir dele se for puxado um pouco mais. De modo que o espaço aparentemente vazio, embora todos os corpos que o cerquem tendam a preenchê-lo, não traz nenhuma mudança em seu peso, e que, apesar da diferença de tamanho que existe entre esses espaços, não há nenhuma entre os pesos[22].

7. Tendo preenchido um sifão de mercúrio, cuja perna mais longa tem 10 pés, e a outra 9,5, e colocadas as duas aberturas em dois recipientes de mercúrio, mergulhadas cerca de 1 polegada cada uma, de modo que a superfície do mercúrio de um esteja meio pé mais alto do que a superfície de mercúrio do outro; quando o sifão é perpendicular[23], a perna mais longa não puxa o mercúrio da mais curta; mas o mercúrio, rompendo-se no alto, desce em cada uma das pernas e retorna aos recipientes, caindo até a altura ordinária de 2 pés e 3 polegadas contadas a partir da superfície do mercúrio de cada recipiente. Inclinando-se o sifão, o mercúrio do recipiente sobe nas pernas, preenche-as, começando a correr da perna mais curta para a mais longa, e assim esvazia-se o recipiente; pois o inclinar dos tubos onde existe esse vazio aparente, quando estão em algum líquido, atrai sempre os líquidos dos recipientes, se as aberturas dos tubos não estiverem tampadas, ou atrai o dedo, se ele estiver fechando essas aberturas[24].

8. Preenchendo-se completamente o mesmo sifão com água e também com uma corda, como acima, colocando-se também as duas aberturas nos dois mesmos recipientes de mercúrio, quando se puxa a corda por uma dessas duas aberturas, o mercúrio sobe dos recipientes em ambas as pernas; de tal forma que 1/14 da altura da água de uma das pernas somada à altura do mercúrio que aí subiu é igual a 1/14 da altura da água

---

[22] A idéia de pesar a seringa, tenha Pascal realizado o teste ou não, é muito engenhosa. Servia para mostrar, quantitativamente, o mesmo que o 1º experimento (da seringa pequena) mostrava qualitativamente.

Um experimento semelhante foi realizado pela Accademia del Cimento, porém utilizando um simples barômetro de Torricelli que era mergulhado em um tubo contendo mercúrio e que poderia ser erguido a diferentes alturas, produzindo um espaço aparentemente vazio maior ou menor. Se houvesse alguma coisa dentro desse espaço que puxasse o mercúrio, seria de se esperar que a força dependesse do tamanho do espaço vazio — o que não ocorria.

[23] A palavra "perpendicular", aqui, significa o mesmo que "vertical" (perpendicular ao horizonte).

[24] Aqui, assim como em outros pontos deste opúsculo, Pascal diz que o vazio aparente puxa ou atrai os corpos. Parece concordar com a interpretação que Roberval dava a esses fenômenos (ver a primeira parte deste volume).

da outra, adicionada à altura do mercúrio que lá subiu; o que acontecerá enquanto esse 1/14 da altura da água, adicionado à altura do mercúrio em cada perna, seja igual à altura de 2 pés e 3 polegadas; pois, depois, a água quebrar-se-á no alto surgindo um aparente vazio.

Dessas experiências e de muitas outras descritas no livro completo, onde são vistos tubos de todos os comprimentos, grossuras e figuras, preenchidos de diferentes líquidos, mergulhados de formas diferentes em líquidos diferentes, transportados uns nos outros, pesados de diferentes formas e onde são observadas as diferentes atrações sentidas pelo dedo que fecha os tubos onde está o aparente vazio, são claramente deduzidas essas máximas:

Máximas

1. Que todos os corpos sentem repugnância por se separarem uns dos outros e permitir em seu intervalo esse vazio; ou seja, que a natureza tem horror a esse vazio aparente.
2. Que esse horror ou essa repugnância que todos os corpos possuem não é maior para permitir um grande vazio aparente do que um pequeno, quer dizer, para afastar-se um grande intervalo do que um pequeno.
3. Que a força desse horror é limitada, sendo semelhante àquela com a qual a água de uma certa altura, que é cerca de 31 pés, tende a correr para baixo.
4. Que os corpos que limitam esse vazio aparente possuem a tendência a preenchê-lo.
5. Que essa tendência não é mais forte para preencher um grande vazio aparente do que um pequeno.
6. Que a força dessa tendência é limitada, sendo sempre semelhante àquela com a qual a água de uma certa altura, que é cerca de 31 pés, tende a correr para baixo.
7. Que uma força maior do que aquela com a qual a água da altura de 31 pés tende a correr para baixo, por menos que seja, é suficiente para permitir esse vazio aparente, e até tão grande quanto se queira; quer dizer, para desunir os corpos por um intervalo tão grande quanto se queira, desde que não exista nenhum outro obstáculo à sua separação, nem a seu afastamento, além do horror que a natureza tem por esse vazio aparente.

RESUMO DA SEGUNDA PARTE, NA QUAL SÃO DESCRITAS AS CONSEQÜÊNCIAS DESSAS EXPERIÊNCIAS, EM RELAÇÃO À MATÉRIA QUE PODE PREENCHER ESSE ESPAÇO APARENTEMENTE VAZIO, DIVIDIDO EM DIVERSAS PROPOSIÇÕES, COM SUAS RESPECTIVAS DEMONSTRAÇÕES

Proposições

1. Que o espaço aparentemente vazio não é preenchido pelo ar exterior que cerca o tubo e que ele não entrou através dos poros do vidro.
2. Que ele não está cheio do ar que alguns filósofos dizem estar preso nos poros de todos os corpos, que estaria, dessa maneira, acima do líquido que preenche os tubos.

3. Que ele não está cheio do ar que alguns supõem estar entre o tubo e o líquido que o preenche, e preso nos interstícios ou átomos dos corpúsculos que compõem esses líquidos.
4. Que ele não está cheio por um grão de ar imperceptível, que permaneceu por acaso entre o líquido e o vidro, ou levado pelo dedo que o fecha, ou que entrou de qualquer outra maneira, que se rarefizesse de forma extraordinária, e que poderia se rarefazer tanto de modo a preencher o mundo inteiro, como alguns prefeririam sustentar, ao invés de admitir o vácuo[25].
5. Que ele não está cheio de uma pequena porção do mercúrio ou da água, que, sendo puxada de um lado pelas paredes do vidro, e pelo outro pela força do líquido, se rarefaz e se converte em vapor; de modo que essa atração recíproca produza o mesmo efeito que o calor, que converte esses líquidos em vapor, tornando-os voláteis.
6. Que ele não está cheio de espíritos do líquido que preenche o tubo.
7. Que ele não está cheio de um ar mais sutil que se mistura ao ar exterior, o qual, destacando-se dele e entrando pelos poros do vidro, tenderia sempre a retornar aí, para onde seria sempre puxado.
8. Que o espaço aparentemente vazio não está cheio de nenhuma das matérias que são conhecidas na natureza, e que são perceptíveis a qualquer dos sentidos[26].

RESUMO DA CONCLUSÃO, NA QUAL FORNEÇO MEU SENTIMENTO

Depois de haver demonstrado que nenhuma das matérias perceptíveis a nossos sentidos e que conhecemos preenche esse espaço aparentemente vazio, meu sentimento será, até que me seja mostrada a existência de alguma matéria que o preenche, que ele é realmente vazio, e destituído de toda matéria.

É por isso que direi a respeito do verdadeiro vácuo[27] aquilo que mostrei a respeito do vazio aparente, e considerarei verdadeiras as máximas colocadas abaixo, e enunciadas a respeito do vácuo absoluto como o foram do aparente, a saber, dessa forma:

---

[25] Nessa época, não se sabia que os gases podem efetivamente ser rarefeitos sem limite. Pensava-se que os gases seriam como um material elástico (uma mola), que pode ser esticado até certo ponto mas que, ultrapassando-se um limite, irá se romper. De acordo com nossas concepções atuais, na experiência barométrica não se produz um espaço absolutamente vazio de matéria: sempre resta um pouco de ar e vapores de mercúrio.

[26] Pascal está indo muito além do que os experimentos mostravam. Ele não pode afirmar que não há cheiros ou uma consistência viscosa no espaço aparentemente vazio, pois não pode testá-lo. Também não pode afirmar que não há ar rarefeito. Poderia apenas afirmar que não há ar "normal".

[27] A palavra utilizada por Pascal ("vide") significa vazio ou vácuo. "Vazio' é um termo mais neutro, pois pode ser usado para designar uma garrafa vazia de líquido (mesmo se estiver cheia de ar). "Vácuo" indica a ausência total de qualquer coisa, o nada. De um modo geral, preferimos utilizar na tradução o termo "vazio", ao invés de "vácuo". Aqui, no entanto, foram empregados ambos, para mostrar o contraste que Pascal quer acentuar.

Máximas

1. Que todos os corpos sentem repugnância a se separarem uns dos outros e a permitir em seu intervalo o vácuo; quer dizer, que a natureza tem horror ao vácuo.
2. Que esse horror ou repugnância que todos os corpos possuem não é maior para permitir um grande vácuo do que um pequeno, quer dizer, para se afastar por um grande intervalo ou por um pequeno.
3. Que a força desse horror é limitada, e semelhante àquela com a qual a água de uma certa altura, que é de aproximadamente 31 pés, tende a correr para baixo[28].
4. Que os corpos que limitam esse vácuo possuem a tendência a preenchê-lo.
5. Que essa tendência não é mais forte para preencher um grande vácuo do que um pequeno.
6. Que a força dessa tendência é limitada, sendo sempre igual àquela com a qual a água de uma certa altura, que é cerca de 31 pés, tende a correr para baixo.
7. Que uma força um pouco maior do que aquela com a qual a água da altura de 31 pés tende para baixo, por menor que seja, é suficiente para produzir vácuo, por maior que seja; quer dizer, para fazer desunir os corpos por um intervalo tão grande quanto se queira, desde que não exista nenhum outro obstáculo à sua separação nem a seu afastamento além do horror que a natureza tem pelo vácuo.

De modo que respondo às objeções que podem ser feitas, das quais eis as principais:

Objeções

1. Que essa proposição , de que um espaço é vazio, repugna ao senso comum.
2. Que essa proposição, que a natureza tem horror ao vácuo e no entanto o permite, acusa-a de impotente ou é auto-contraditória.
3. Que muitas experiências, até mesmo diárias, mostram que a natureza não pode admitir o vácuo.
4. Que uma matéria imperceptível, inaudita e incógnita a todos os sentidos preenche esse espaço.
5. Que sendo a luz ou um acidente ou uma substância, não é possível que ela se sustente no vácuo, se ela for um acidente; e que ela preenche o espaço aparentemente vazio, se ela for uma substância[29].

---

[28] Pascal apresenta aqui uma medida quantitativa da força do vácuo e não fala em pressão atmosférica. Nesse sentido, assemelha-se à posição de Galileo e está muito atrasado em relação a Torricelli.

[29] Como se verá mais adiante, esta é uma objeção à qual Pascal não consegue responder adequadamente. O padre Noël irá se servir desse argumento, que era bastante forte. Utilizando-se as categorias de Aristóteles, a luz só poderia ser ou uma substância (um sujeito, uma "coisa') ou um acidente (uma propriedade de uma substância). Em qualquer dos dois casos, a presença de luz no vazio do tubo indicaria a presença de uma substância dentro do mesmo e portanto não se poderia falar em um vácuo propriamente dito.

CARTAS DO PADRE NOËL E RESPOSTAS DE PASCAL[30]

PRIMEIRA CARTA DO PADRE NOËL A PASCAL

Ao Senhor Pascal, em Paris.
Senhor,

Li as vossas *Experiências sobre o vazio*, que considero muito belas e engenhosas, mas não compreendo esse *vazio aparente* que aparece no tubo depois da descida da água ou do mercúrio. Eu digo que ele é um corpo, pois atua como um corpo, transmite a luz com refrações e reflexões, produz retardo no movimento de um outro corpo, assim como se pode notar na descida do mercúrio, quando o tubo cheio desse vazio no alto é invertido[31]; é portanto um corpo que toma o lugar do mercúrio. É necessário agora ver que corpo é esse.

Assim como o sangue que está nas veias de um corpo vivo, está misturado à bílis, pituíta, à melancolia e ao sangue, o qual, por sua maior quantidade, dá à mistura o nome do *sangue*, da mesma maneira suponhamos que o ar que respiramos, está misturado ao fogo, à água, à terra, e ao ar, o qual, por sua maior quantidade, lhe dá o nome de *ar*. Esse é o sentimento comum dos físicos, que ensinam que os elementos estão misturados.

---

[30] A correspondência entre o padre Noël e Pascal é um precioso documento que mostra a reação cética e conservadora aos defensores do vácuo. Étienne Noël, jesuíta, era reitor do Colégio de Clermont, em Paris. Tinha sido professor de filosofia de Descartes no Colégio La Flèche e, em 1647, tinha a respeitável idade de 66 anos. Noël, logo após ler o opúsculo de Pascal sobre o vácuo, envia-lhe uma primeira carta (sem data: provavelmente final de outubro de 1647) criticando-o e defendendo a existência de uma substância no vazio aparente. Pascal responde imediatamente (28 de outubro), de modo agressivo, irônico e até grosseiro. Logo depois, o padre Noël lhe responde, mantendo sua posição e defendendo-a (carta sem data: provavelmente novembro de 1647). Pascal não a responde diretamente; mas em fevereiro ou março do ano seguinte escreve a Pailleur, dando uma resposta indireta a Noël, no mesmo estilo da carta anterior. Essas quatro cartas, publicadas pela primeira vez na edição de Bossut das *Obras* de Pascal (vol. 4, pp. 69-177), são traduzidas a seguir, com base na edição de Brunschvicg (vol. 2, pp. 77-125 e 177-211). Outros eventos associados ao mesmo episódio não estão documentados aqui: Noël publica um livreto, denominado "Le plein du vide' onde torna pública sua posição, atacando frontalmente Valerianus Magnus e também Pascal. Esta obra, muito rara, foi reproduzida na edição de Bossut das *Obras* de Pascal (vol. 4, pp. 108-46) mas, infelizmente, não aparece na edição de Brunschvicg. O próprio pai de Pascal, Étienne, escreve em março ou abril de 1648 uma carta ao padre Noel, defendendo o filho e pedindo que Noel se retrate (edição de Brunschvicg, vol. 2, pp. 253-79). Embora a carta tenha sio conservada, talvez nunca tenha sido enviada de fato. Na versão latina da obra do padre Noel (*Plenum novis experimentis confirmatum)*, publicada talvez em abril de 1648, o padre atenua seus ataques e chega a elogiar alguns experimentos de Pascal, embora mantendo sua posição contrária ao vácuo.

[31] Notava-se que a luz era refletida na superfície interna da parede de vidro do tubo barométrico, tanto ao passar do vidro para o vazio aparente quanto no caso contrário. Ora, se a luz não passava direta e livremente do vidro para o vazio, isso parecia indicar haver algo nesse vazio. O argumento sobre o "retardamento" na queda do mercúrio, por outro lado, queria indicar que a matéria não se movia instantaneamente nesse vazio aparente — o que, de acordo com Aristóteles, era a indicação de que algo resistia a esse movimento, que seria instantâneo no vácuo absoluto.

Ora, assim como essa mistura que está em nossas veias é uma mistura natural do corpo humano, feita e mantida pelos movimentos e ações do corpo que a restabelece, se ela fora alterada, por exemplo, pelo temor ou pela raiva; da mesma forma, essa mistura que está em nosso ar é uma mistura natural ao mundo, feita e mantida pelo movimento e ação do Sol, que a restabelece, se ela for impedida por alguma violência. Portanto, assim como a separação das partes que compõem o nosso sangue pode ser feita nas veias por algum acidente, como ela ocorre por ebulições que separam o mais sutil do grosseiro; da mesma forma, a separação das partes que compõem o nosso ar pode se fazer no mundo por alguma violência. Chamo de *violência* tudo aquilo que separa esses corpos naturalmente unidos e misturados em conjunto; quando ela é eliminada, as partes se reúnem e se misturam como antes, se sua natureza não mudou pela força e pela duração dessa violência.

Digo, portanto, que na primeira mistura natural do corpo que nós respiramos, existe fogo, que é por sua natureza mais sutil e mais rarefeito do que o ar; e ar, o qual, sendo separado da água e da terra, é mais sutil e mais rarefeito do misturado com um e outro, e portanto pode penetrar os corpos e passar através dos poros, estando separado, o que não poderia estando misturado. Se, portanto, ocorre uma causa dessa separação, a mesma poderá fazer passar o ar separado por poros demasiadamente pequenos para sua passagem, quando ele está misturado. Suponhamos uma coisa verdadeira: que o vidro tem uma grande quantidade de poros, que nós percebemos não apenas pela luz que penetra o vidro mais do que em outros corpos menos sólidos cujos poros são menos freqüentes, embora maiores, mas também por uma infinidade de pequenos corpos diferentes do vidro que notais nesses triângulos que fazem aparecer o íris, e porque uma garrafa de vidro fechada hermeticamente não se quebra em um fogo lento sobre cinzas quentes[32].

Ora, esses poros do vidro tão freqüentes são tão pequenos, que o ar misturado não seria capaz de passar através deles; mas, sendo separado e mais depurado da terra e da água, ele poderá penetrar o vidro, como o fio de ferro, enquanto é um pouco mais grosso, não pode passar através do pequeno furo da fieira, mas, sendo empurrado por força e violência, passa facilmente; a água suja não passará através de um tecido bem tecido, onde ela passa facilmente estando separada. O cone de Hipócrates e a filtração nos fazem sentir diretamente essa separação dos corpos misturados. Ora, eis a força e a violência que tira o ar de sua mistura natural e o faz penetrar o vidro: o mercúrio que preenche o tubo e toca o ar sutil e ígneo que a fornalha colocou dentro do vidro, cujos poros são preenchidos, descendo por sua gravidade, puxa atrás de si algum corpo; de forma contrária, ele não desceria, como acontece com o mercúrio que é retido até 2 pés, e a água que não desce mesmo ao trigésimo, se sua gravidade não for suficiente

---

[32]Neste parágrafo o padre Noël argumenta que o ar que respiramos é uma mistura e não um elemento puro; e que uma parte dessa mistura poderia passar pelos poros da matéria (do vidro). É interessante o fato que apresenta para corroborar sua posição: uma garrafa de vidro bem fechada e aquecida se quebra, pela força expansiva do ar; mas, de acordo com Noel, não se quebra se for aquecida lentamente, porque uma parte do seu ar sairia através de seus poros. Se o fato for verdadeiro, sua explicação atual será, é claro, diferente.

para puxar o ar para fora de sua mistura natural. Se, portanto, o mercúrio desce, ele puxa atrás de si um outro corpo, segundo a vossa primeira máxima, página 19, de que todos os corpos sentem repugnância a se separar uns dos outros. Esse corpo puxado e que o segue não é o vidro, pois este permanece em seu lugar e não se quebra; o ar que está dentro desses poros, contíguo ao mercúrio, pode seguí-lo, mas não o segue a não ser que puxe um outro, que passa pelos poros do vidro e os preenche: para passar por aí, é preciso que ele seja depurado; essa é a tarefa desse ar sutil que preenchia os pequenos poros do vidro, o qual, sendo puxado por uma força maior e seguindo o mercúrio, puxa atrás de si por continuidade e união o seu vizinho, depurando-o do mais grosseiro que permanece fora em uma mesma constituição, constituição violenta, pela separação do mais sutil, e permanece em torno do vidro, preso àquele que entrou, o qual, estando com uma dilatação violenta em relação a seu estado natural que lhe é devido nesse mundo, é sempre puxado, pelo movimento e dependência do Sol, a se reunir ao outro e retomar sua mistura natural, juntando-se a esse outro que o cura, impelido pelo mesmo princípio; e portanto, um e o outro, assim que a violência é retirada, retomam sua mistura e seu lugar: da mesma forma, quando se dobra um arco, faz-se sair dele os espíritos que lhe são naturais pela sua parte côncava que é pressionada, e faz-se entrar outros espíritos que não lhe são naturais pela sua parte convexa que é dilatada; uns e outros, permanecendo no ar, procuram seu lugar natural; e logo que a violência que dobra o arco tendido é retirada, os naturais entram, os estranhos saem e o arco se endireita.

Nós temos uma separação e reunião sensível em uma esponja cheia d'água no fundo de algum recipiente que só possua a água que está dentro da esponja. Se pressionais essa esponja com violência, fazeis sair água que permanece separada perto dela; logo que retirais essa compressão, a mistura da água com a esponja se faz pela dilatação natural da própria esponja por sua natureza e se preenche da água que lhe é apresentada.

Se, portanto, perguntam-me que corpo entra no tubo quando o mercúrio desce, direi que é um ar depurado que entra pelos pequenos poros de vidro, obrigado a essa separação do grosseiro pelo peso do mercúrio que desce e que puxa atrás de si o ar sutil que preenchia os poros do vidro; e este, puxado pela violência, puxa atrás de si o mais sutil que lhe estava unido e contíguo, até preencher a parte abandonada pelo mercúrio.

Ora, sendo essa separação violenta ao outro ar, aquele que permanece fora, puxado e preso ao vidro e àquele que entrou no tubo, um e o outro retomam sua mistura imediatamente quando esse peso é retirado; mas, enquanto permanece esse peso do mercúrio, seu efeito que é essa atração e depuração do ar continua também, como o peso de uma balança ao ser elevado por um outro mais pesado não desce a não ser quando esse outro peso que o impede de descer é retirado.

Esse discurso combate a vossa proposição 6 na página 25 onde dissestes que o espaço vazio em aparência não está cheio de um ar puro, sutil, misturado ao ar exterior, o qual "sendo destacado, e entrando pelos poros do vidro, tenderia sempre a retornar para lá, onde seria incessantemente puxado"; e vossa proposição 8, "que o espaço aparentemente vazio não é preenchido por nenhuma das matérias que são conhecidas na natureza e que são sensíveis ao mundo dos sentidos". Se o meu discurso, que deixo a

vossa consideração, for verdadeiro, essas duas proposições não são. O ar depurado é uma matéria conhecida na natureza; e esse ar toma o lugar do mercúrio.

Vamos às objeções que colocastes na página 30 e 31, contra vossos sentimentos[33]. Digo que a primeira é muito considerável. De fato, essa proposição de que um espaço é vazio, tomando o vazio por uma privação de todo corpo, não apenas repugna ao sentido comum, mas, além disso, é claramente uma contradição: ela diz que esse vazio é espaço e não o é. Pressupõe-se que ele é espaço; ora, se ele é espaço, ele não é esse vazio que é a privação de todos os corpos, pois todo espaço é necessariamente um corpo. Quem compreende aquilo que é um corpo, compreende como corpo um composto de partes umas fora das outras, umas altas, outras baixas, umas à direita, outras à esquerda, um composto longo, largo, profundo, com forma, grande ou pequeno; e quem compreende aquilo que é o espaço, pensa, mesmo se não o diz, em um composto de partes, umas fora das outras, baixas, altas, à esquerda, à direita, de um tal comprimento, largura, profundidade, imaginada entre as extremidades das quais é o intervalo; de modo que o espaço ou intervalo não apenas é um corpo, mas é um corpo entre dois ou mais corpos. Se, portanto, por essa palavra vazio entendemos uma privação de todo corpo, o que é o sentido da objeção, essa pressuposição de que um espaço é vazio se destrói a si mesma e se contradiz. Mas essa palavra vazio é tomada comumente como um espaço invisível tal como o ar (assim, dizemos a respeito de uma bolsa, de um tonel, de uma caverna, de um quarto e outros semelhantes, que tudo isso está vazio quando não tem senão o ar; de tal forma que o ar, por ser invisível, é tomado como um espaço vazio mas, por ser espaço, concluímos que ele é um corpo, grande, pequeno,redondo, quadrado; e essas diferenças, que não podem se associar ao vazio tomado como uma privação de todos os corpos e conseqüentemente como um vazio sobre o qual Aristóteles fala quando diz: *Non entis non sunt diferentiae*.

A vossa segunda objeção não vos dará muito trabalho: vós admitireis facilmente que a natureza, não em seu todo mas em suas partes sofre violência pelos movimentos de umas que superam a resistência das outras; é disso que Deus se serve para ornamentar e produzir a variedade do mundo.

A terceira, que as experiências diárias fazem parecer que a natureza não admite o vazio, é forte. Não creio que a quarta seja de nenhum físico.

A quinta é uma prova peremptória do pleno, pois a luz, ou melhor a iluminação, é um movimento iluminatório de raios compostos de corpos lúcidos que preenchem os corpos transparentes e que não são movidos luminarmente senão por outros corpos lúcidos, como a limalha de ferro só é movida magneticamente pelo ímã; ora, essa iluminação se encontra no interior abandonado pelo mercúrio; é, portanto, necessário que esse intervalo seja um corpo transparente. De fato, ele o é, pois é ar.

Eis, senhor, aquilo que acreditei dever submeter a vossa curiosidade tão exigente, que parece perguntar que corpo é esse vazio aparente, ao invés de assegurar que não é um corpo: aquilo que disse a respeito da violência produzida pelo peso do mercúrio

---

[33]São as objeções finais do opúsculo de Pascal e que ele nega sem argumentos detalhados. E conveniente retornar ao texto de Pascal e comparar com os argumentos de Noël.

ou da água deve ser também entendido com relação às outras violências que se encontram em todas vossas outras experiências, onde a entrada sutil desses pequenos corpos de ar e de fogo que estão em toda parte, por parecerem menos visíveis aos sentidos do que à razão, faz conjeturar sobre um vazio que seja uma privação de todos os corpos. Seja como for, examinastes uma verdade muito importante para aqueles que pesquisam as coisas naturais e por esse exame tornastes devedores o público e a mim particularmente que sou

Senhor
vosso muito humilde e obediente servidor segundo Deus
Estienne Noël
Da Companhia de Jesus.

RESPOSTA DE BLAISE PASCAL[34]

Ao mui bondoso e reverendo padre Noël, reitor, da Sociedade de Paris, em Paris.

Meu reverendíssimo padre,

a honra que me haveis feito de escrever-me faz-me romper com o propósito que havia feito de não resolver nenhuma das dificuldades que descrevi em meu *resumo*, a não ser no tratado completo no qual estou trabalhando; pois já que as gentilezas de vossa carta estão unidas às objeções que vós me fizestes, eu não poderia dividir minha resposta, nem reconhecer umas sem satisfazer as outras.

Mas, para fazê-lo do modo mais ordenado, permite-me descrever-nos uma regra universal, que se aplica a todos os assuntos particulares, quando se quer reconhecer a verdade[35]. Não duvido que concordeis com ela, pois é aceita geralmente por todos os que consideram as coisas sem preocupação; e ela é a mais importante tanto no modo como são tratadas as ciências nas Escolas quanto no uso entre as pessoas que procuram aquilo que é verdadeiramente sólido e que preenche e satisfaz plenamente o espírito: é que não se deve jamais proporcionar um julgamento decisivo sobre a negação ou a afirmação de uma proposição se aquilo que se afirma ou nega não tiver uma dessas duas condições a saber: ou que pareça tão clara e tão distinta por si mesma aos sentidos ou à razão, conforme seja objeto de um ou de outro, que o espírito não tenha nenhum modo de duvidar de sua certeza, e é o que nós chamamos de *princípios* ou *axiomas* (como, por exemplo, *se a coisas iguais adicionamos coisas iguais os todos serão iguais*); ou que ela seja deduzida por conseqüências infalíveis e necessárias de princípios ou axiomas como esses, de cuja certeza depende a das conseqüências que deles são tiradas (como esta proposição: *os três ângulos de um triângulo são iguais a dois ângulos retos*, que, embora, não seja visível por si mesma, é demonstrada de modo evidente por conseqüências infalíveis de axiomas desse tipo). Tudo aquilo que possui uma dessas duas

---

[34] Esta resposta de Pascal é datada, em seu final, de 29 de outubro de 1647. Deve ter sido escrita rapidamente, como reação à carta do padre Noël.

[35] A resposta de Pascal dará ênfase a aspectos metodológicos, procurando mostrar a falta de fundamentação das sugestões do padre Noël e tentará mostrar que ele próprio não vai além dos limites daquilo que pode ser dito a partir da experiência.

condições é certo e verdadeiro; e tudo o que não tem nenhuma delas deve ser considerado duvidoso e incerto. E nós fornecemos um julgamento decisivo sobre as coisas do primeiro tipo e deixamos as outras na indecisão, embora, de acordo com seus méritos, as chamemos seja de *visão* ou *capricho* às vezes *fantasia*, algumas vezes *idéia*, e no máximo *um belo pensamento*; e como elas não podem ser afirmadas a não ser temerariamente, tendemos principalmente à negativa (prontos, no entanto, a passar ao contrário, se uma demonstração evidente nos faz ver sua verdade). E reservarmos para os mistérios da fé, que o próprio Espírito Santo revelou, essa submissão do espírito que leva nossa crença a mistérios ocultos aos sentidos e à razão.

Isso posto, retorno a vossa carta, nas primeiras linhas da qual, para provar que esse espaço é um corpo, vós vos servis desses termos: *digo que é um corpo, pois atua com um corpo, transmitindo a luz com refrações e reflexões e retardando o movimento de um outro corpo*; onde observo que, no propósito que tendes de provar que é um corpo, tomais por princípio duas coisas: a primeira é que ele transmite a luz com refrações e reflexões; a segunda, que ele retarda o movimento de um corpo. Desses dois princípios, o primeiro não pareceu verdadeiro a nenhum daqueles que fez a experiência, e nós sempre notamos, ao contrário, que o raio que penetra o vidro e esse espaço não possui outra refração senão aquela que lhe é causada pelo vidro, e que, assim, se alguma matéria o preenche, ela não desvia de modo nenhum o raio,ou sua refração não é perceptível; de modo que, como indubitavelmente não haveis experimentado o contrário, vejo que o sentido de vossas palavras é que o raio refletido ou desviado pelo vidro passa através desse espaço; e por isso e porque os corpos lá caem num certo tempo, quereis concluir que uma matéria o preenche, que transporta essa luz e causa esse retardamento.

Mas, meu reverendíssimo padre, se associarmos isso ao método de raciocinar sobre o qual falamos, veremos que seria necessário anteriormente estar de acordo sobre a definição de espaço vazio, de luz e de movimento e mostrar pela natureza dessas coisas uma contradição clara nessas proposições: "que a luz penetra um espaço vazio e um corpo aí se move em certo tempo." Até que isso seja feito a vossa prova não poderá se manter; e como além disso a natureza da luz é desconhecida para vós e para mim; como, de todos os que tentaram defini-la, nenhum satisfez a nenhum daqueles que procuram verdades palpáveis e como ela talvez poderá permanecer eternamente incógnita para nós, vejo que esse argumento permanecerá muito tempo sem receber a força que lhe é necessária para se tornar convincente.

Pois considerai, rogo-vos, como é possível concluir infalivelmente que a natureza da luz é tal que ela não pode subsistir no vazio, enquanto ignoramos a natureza da luz. Pois se nós a conhecêssemos tão perfeitamente quanto a ignoramos, saberíamos, talvez, que ela pode subsistir no vazio com mais brilho do que em qualquer outro *medium*, como vemos que ela aumenta sua força conforme o *medium* onde ela está se torna mais rarefeito e assim aproximando-se de certa forma mais do vazio. E se nós soubéssemos a do movimento, não duvido que nos pareceria que ele se deve fazer no vazio em quase tanto tempo quanto no ar, cuja falta de resistência se torna aparente na igualdade da queda de corpos de diferentes pesos[36].

[36] A resposta de Pascal não é satisfatória. O padre Noël estava, é claro, assumindo a ontologia aristotélica, na qual bastava saber que a luz era *ou* substância *ou* acidente para se tirar a conclusão

É por isso que com o pouco de conhecimento que possuímos sobre a natureza dessas coisas, se possuo também a liberdade de conceber um pensamento que forneço como princípio, posso dizer com igual razão: a luz se sustenta no vazio e o movimento lá se faz num certo tempo; ou: a luz penetra o espaço aparentemente vazio e o movimento aí se faz num certo tempo; portanto ele pode ser realmente vazio.

Assim transfiramos essa prova para a época em que tivermos a compreensão sobre a natureza da luz. Até lá não posso admitir vosso princípio e ser-vos-á difícil prová-lo; e não tiremos, rogo-vos, conseqüências infalíveis da natureza de uma coisa quando a ignoramos; de outra forma, eu temeria que vós não estivésseis de acordo comigo a respeito das condições necessárias para tornar perfeita uma demonstração e que chamásseis de certo aquilo que nós chamamos apenas de duvidoso.

Na seqüência de vossa carta, como se tivésseis estabelecido invencivelmente que esse espaço vazio é um corpo, vós vos dais ao trabalho de pesquisar que corpo é esse; e para decidir afirmativamente que matéria o preenche, começais por esses termos: "supomos que, como o sangue é uma mistura de diferentes líquidos que o compõem, da mesma forma o ar é composto de ar e de fogo e dos quatro elementos que entram na composição de todos os corpos da natureza". Vós *supondes*, em seguida, que esse fogo pode ser separado do ar e, sendo separado, pode penetrar os poros do vidro; *supondes* ainda que, ao ser separado, possui uma tendência a retornar para ele e ainda que é para lá incessantemente atraído; e explicais esse discurso, bastante compreensível por si próprio, por meio de comparações que lhe adicionais.

Mas, meu padre, creio que vós forneceis isso como um pensamento e não como uma demonstração; e por mais dificuldade que eu tenha de adaptar o pensamento que sobre isso tenho com o final de vossa carta, creio que, se quisésseis dar provas, elas não seriam tão pouco fundamentadas. Pois nessa época na qual um número tão grande de pessoas sábias procura com tanto esforço que matéria preenche esse espaço; que essa dificuldade agita atualmente tantos espíritos; eu teria dificuldade em acreditar que, para trazer uma solução tão desejada a uma dúvida tão grande e tão justa, vós não fornecêsseis outra coisa além de uma matéria da qual supondes não apenas as qualidades mas até mesmo a própria existência; de modo que aquele que *supuser* o contrário, tirará uma conseqüência contrária igualmente necessária. Se essa forma de provar é aceita, não será mais difícil resolver as maiores dificuldades. E o fluxo do mar e a atração do ímã se tornarão fáceis de compreender, se for permitido criar matérias e qualidades sob encomenda[37].

Pois todas as coisas dessa natureza, cuja existência não se torna aparente a nenhum dos sentidos, são tão difíceis de acreditar quanto são fáceis de inventar. Muitas pessoas, e até mesmo as mais sábias de hoje, apresentaram-me essa mesma matéria antes de vós

---

contra o vácuo absoluto. Por outro lado, Noël utiliza a dinâmica aristotélica, na qual a velocidade de queda é inversamente proporcional à resistência do meio. Pascal acena com uma possibilidade de outra dinâmica, que não explicita. Não parece válido, no entanto, combater uma teoria existente com o uso de uma mera possibilidade de outra teoria que não se sabe qual é.

[37] Aqui, trata-se de uma crítica a Descartes, em cujo sistema Noël parece se basear. Nos *Principia philosophiae*, Descartes de fato inventa mecanismos invisíveis "ad hoc" para explicar o funcionamento dos ímãs e outros fenômenos.

(mas como simples pensamento e não como uma verdade constante) e é por isso que fiz menção disso em minhas proposições. Outras, para preencher com alguma matéria o espaço vazio, imaginaram uma com a qual preencheram todo o universo, pois a imaginação possui essa propriedade de produzir com pequeno esforço e tempo tanto as grandes coisas quanto as pequenas; alguns a fizeram da mesma substância que o céu e os elementos; outros, de uma substância diferente, conforme sua fantasia, pois podiam dispor à vontade de sua própria obra.

Se lhes pedirmos, assim como a vós, que nos façam ver essa matéria, responderão que ela não é visível; se lhes pedirmos que ela produza qualquer som, eles dirão que ela não pode ser ouvida; assim é com relação aos outros sentidos; e pensam haver feito bastante, quando tornaram os outros impotentes de mostrar que ela não existe, retirando a si próprios todo o poder de mostrar-lhes que ela existe.

Mas encontramos mais base para negar sua existência, pois não pode ser provada, do que para acreditar nela, apenas pela razão de que não se pode mostrar que ela não existe.

Pois não se pode acreditar em todos ao mesmo tempo, sem transformar a natureza em um monstro; e, como a razão não pode tender mais para um do que para outro, já que ela os percebe como igualmente distantes, ela os recusa a todos, para se prevenir de uma escolha injusta.

Sei que vós podeis dizer que não inventastes sozinho essa matéria e que uma grande quantidade de físicos já trabalhou sobre ela; mas, sobre assuntos dessa natureza, não podemos nos fundamentar sobre autoridade: quando citamos os autores, citamos suas demonstrações e não seus nomes; não temos nenhuma consideração para com eles senão nos assuntos históricos; se bem que se os autores que vós alegais dissessem que viram esses pequenos corpos ígneos misturados no ar, eu teria tanta deferência para com sua sinceridade e sua fidelidade que acreditaria que eles são verdadeiros e acreditaria neles como historiadores; mas, já que dizem apenas que pensam que o ar é composto deles, vós me permitireis permanecer em minha própria dúvida.

Enfim, meu padre, considerai, rogo-vos, que todos os homens juntos não seriam capazes de demonstrar que nenhum corpo substitui aquele que abandona o espaço aparentemente vazio e que não é possível também mesmo a todos os homens mostrar que, quando a água aí retorna, algum corpo daí sai. Isso não seria suficiente, de acordo com vossas máximas, para assegurar que esse espaço é vazio? No entanto, digo simplesmente que meu sentimento é que ele é vazio; julgai se aqueles que falam com tanta reserva sobre uma coisa onde teriam o direito de falar com bastante segurança, poderão formular um julgamento decisivo sobre a existência dessa matéria ígnea, tão duvidosa e tão pouco estabelecida.

Depois de haver suposto essa matéria com todas as qualidades que vós quisestes lhe dar, explicais algumas de minhas experiências. Não é uma coisa muito difícil explicar como o efeito pode ser produzido, supondo a matéria, a natureza e as qualidades de sua causa; no entanto é difícil que aqueles que a imaginam se defendam de uma vã complacência e de um encanto secreto que encontram em sua própria invenção, principalmente quando as ajustaram tão bem que, das imaginações que supuseram, concluem necessariamente verdades já evidentes.

Mas sinto-me obrigado a vos dizer duas palavras sobre esse assunto: é que todas as vezes em que, para encontrar a causa de vários fenômenos conhecidos, coloca-se uma hipótese, essa hipótese pode ser de três tipos.

Pois algumas vezes conclui-se um claro absurdo de sua negação e então a hipótese é verdadeira e constante; ou então conclui-se um claro absurdo de sua afirmação e então a hipótese é considerada como falsa; e quando não foi possível ainda tirar nem um absurdo nem de sua negação nem de sua afirmação, a hipótese permanece duvidosa; de modo que, para fazer com que uma hipótese se torne evidente, não é suficiente que todos os fenômenos sejam deduzidos dela; enquanto que, se se seguir qualquer coisa de contrária a um só fenômeno, isso será suficiente para assegurar sua falsidade.

Por exemplo, se encontrarmos uma pedra quente sem sabermos a causa de seu calor, poderíamos por acaso considerar que aquele que raciocinasse da forma seguinte teria encontrado a verdadeira causa? Suponhamos que essa pedra tenha sido colocada em um grande forno, do qual tenha sido retirada depois de pouco tempo; portanto, essa pedra deve estar ainda quente; ora, ela está quente; conseqüentemente, ela foi retirada do fogo.

Seria necessário para admitir isso que o fogo fosse a única causa possível de seu calor; mas como ele pode vir do Sol e do atrito, sua conseqüência não possuirá força. Pois como uma mesma causa pode produzir diversos efeitos diferentes, da mesma forma um mesmo efeito pode ser produzido por diversas causas diferentes. Assim é que, quando se discursa humanamente sobre o movimento e sobre a estabilidade da Terra, todos os fenômenos de movimentos e de retornos dos planetas seguem-se perfeitamente a partir das hipóteses de Ptolomeu, de Tycho, de Copérnico e de muitas outras que podem ser feitas, de todas as quais apenas uma pode ser verdadeira. Mas quem ousaria discriminar tanto e quem poderia, sem perigo de erro, sustentar uma contra as outras como, na comparação da pedra, quem poderia, com teimosia, sustentar que o fogo tenha causado seu calor, sem se tornar ridículo?

Vedes por isso que, embora de vossa hipótese se seguissem todos os fenômenos de minhas experiências, ela seria da natureza das outras; e que permanecendo sempre nos limites da verossimilhança, ela não chegaria jamais aos da demonstração. Mas espero fazer-vos um dia ver mais demoradamente que a partir de sua afirmação seguem-se absolutamente coisas contrárias à experiência. E para tocar-vos aqui em poucas palavras: se é verdade, como vós supondes, que esse espaço está cheio desse ar mais sutil e ígneo e que ele tenha a tendência que vós lhe dais de voltar ao ar do qual saiu, e se esse ar exterior tem a força de puxá-lo *como uma esponja comprimida*, e se é por essa atração mútua que o mercúrio se mantém suspenso e se ela o faz retornar quando o tubo é inclinado, segue-se necessariamente que quando o espaço aparentemente vazio for maior, deve-se manter suspensa uma maior altura de mercúrio (contrariamente àquilo que aparece nas experiências). Pois já que todas as partes desse ar interior e exterior possuem essa qualidade atrativa, consta, por todas as regras da mecânica, que sua quantidade, aumentada

proporcionalmente ao espaço deve necessariamente aumentar seu efeito, como uma grande esponja comprimida puxa mais água do que uma pequena[38].

Se, para resolver essa dificuldade, fazeis uma segunda suposição; e se criardes ainda uma qualidade sob medida para salvar esse inconveniente, a qual, não sendo suficientemente justa, vos obriga a imaginar uma terceira para salvar as duas anteriores, sem prova nenhuma, sem nenhum fundamento; não terei jamais nenhuma outra coisa a responder-vos além daquilo que já disse, ou melhor, acreditarei já vos haver respondido.

Mas, meu padre, quando digo isso e previno de algum modo essas últimas suposições, estou fazendo eu próprio uma suposição falsa: não duvido que, se alguma coisa provier de vós, será apoiada sobre razões convincentes, pois de outra forma seria imitar aqueles que querem apenas mostrar que não lhes faltam palavras.

Enfim, meu padre, para resumir toda minha resposta, se for verdade que esse espaço é um corpo (aquilo que estou muito longe de vos conceder) e que o ar estaria cheio de espíritos ígneos (o que não me parece simplesmente verossímil) e que eles tenham as qualidades que vós lhes dais (o que não é senão um puro pensamento, que não parece evidente nem a vós nem a pessoa nenhuma); não se seguirá daí que o espaço esteja preenchido por ele. E mesmo se fosse ainda verdade que, supondo que ele estivesse preenchido por ele (o que não parece de modo nenhum verdadeiro) pudéssemos daí deduzir tudo o que é notado nas experiências; o julgamento mais favorável que se poderia fazer dessa opinião seria colocá-la no rol da verossímeis. Mas, como daí são concluídas necessariamente coisas contrárias às experiências, julgai que lugar ela deve tomar entre os três tipos de hipóteses sobre os quais falamos anteriormente.

No final de vossa carta, para definir o corpo, vós não explicais senão alguns de seus acidentes e ainda respectivos, como *alto*, *baixo*, *direito*, *esquerdo*, que são propriamente a definição do espaço e que não convém ao corpo senão enquanto ele ocupa espaço. Pois, de acordo com vossos próprios autores, o corpo é definido *como aquilo que é composto de matéria e de forma*; e aquilo que chamamos de um *espaço vazio* é um espaço possuindo comprimento, largura e profundidade, imóvel e capaz de receber e conter um corpo de comprimento e forma semelhante; e é isso que se chama *sólido* em geometria, onde são consideradas apenas coisas abstratas e imateriais. De modo que a diferença essencial que se encontra entre o espaço vazio e o corpo que possui comprimento, largura e profundidade é que um é imóvel e o outro móvel; e que um pode receber além de si um corpo que penetre suas dimensões, ao invés que o outro não o pode; pois a máxima de que a penetração de dimensões é impossível aplica-se apenas às dimensões de dois corpos materiais: de outra forma ela não seria aceita universalmente. Daí, pode-se ver que existe tanta diferença entre o nada e o espaço quanto entre o espaço vazio e o

---

[38] O argumento é inválido. Uma grande esponja pode conter mais água, mas não puxa água mais fortemente do que uma pequena. Se o argumento de Pascal fosse correto, então poderia ser utilizado, por exemplo, contra os defensores de pressão atmosférica, argumentando que a altura barométrica teria que ser maior quando o barômetro estivesse em uma sala mais ampla, que contém mais ar, pois o efeito deve aumentar proporcionalmente à causa.

corpo material; e que, assim, o espaço vazio está entre a matéria e o nada. É por isso que a máxima de Aristóteles sobre a qual vós falais, *que os não seres não são diferentes*, aplica-se ao verdadeiro nada e não ao espaço vazio[39].

Termino com vossa carta, onde dizeis que não vedes que a minha quarta objeção, que é que uma matéria desconhecida e inaudita a todos os sentidos preenche a esse espaço *pertença a nenhum físico*. A isso respondo-vos que posso vos assegurar do contrário, pois ela pertence a um dos mais célebres de nosso tempo, e que vós pudestes ver em seus escritos que estabelece em todo o universo uma matéria universal, imperceptível e inaudita, de uma substância semelhante à do céu e aos elementos; e, além disso, examinando a vossa encontrei que ela é igualmente imperceptível e que possui qualidades igualmente inauditas, quer dizer, que jamais lhe foram dadas, e por isso percebo que ela é da mesma natureza.

O período que precede as vossas últimas gentilezas, define a luz nos seguintes termos: *a luz é o movimento luminífero de raios compostos de corpos lúcidos quer dizer luminosos*; onde eu tenho a vos dizer que me parece que seria necessário primeiramente ter definido aquilo que é *luminífero* e aquilo é *corpo lúcido ou luminoso*: pois, até lá, não posso compreender aquilo que é a luz. E como não empregamos jamais nas definições o termo *daquilo que é definido*, terei dificuldade em me adaptar à vossa que diz que a *luz* é um movimento *luminífero* dos corpos *luminosos*. Eis, meu padre, quais são meus sentimentos, que submeto sempre aos vossos.

De resto, não é possível negar-vos a glória de ter sustentado a física periparética tão bem quanto é possível fazê-lo; e percebo que vossa carta é tanto uma prova da fraqueza da opinião que vós defendeis quanto da força de vosso espírito.

E certamente o discurso com o qual haveis defendido a impossibilidade do vazio com a pouca força que lhe resta permite facilmente julgar que com esforço semelhante vós teríeis estabelecido invencivelmente o sentimento contrário, com a vantagem que as experiências lhe forneceriam.

Uma mesma indisposição me impediu de ter a honra de ver-nos e de vos escrever por minha própria mão. É por isso que vos rogo perdoar os erros que se encontrarão nessa carta, sobretudo em sua ortografia.

Sou, de todo o meu coração,
meu muito reverendo padre,
vosso muito humilde e muito obediente servidor.
Pascal
Paris, 29 de outubro de 1647.

---

[39] A posição de Pascal assemelha-se à posição atual dos cientistas, sobre o assunto. Por isso, pode parecer plausível a um leitor moderno. É, no entanto, totalmente absurda, no contexto da época. Se o espaço vazio não é o nada, então é uma substância — e Pascal teria então que concordar, pelo menos em parte, com Noël.

SEGUNDA CARTA DO PADRE NOËL A PASCAL[40]

Senhor

Aquela com a qual vós me honrastes me foi trazida ontem à noite entre 5 e 6, por um de nossos padres. Eu a li com admiração de que em tão pouco tempo e incomodado por vossa saúde vós tivestes respondido ponto por ponto a toda minha carta; e com um singular contentamento de que vós procedeis à pesquisa da verdade tão generosamente e tão metodicamente e me tendes, com tanta educação, transmitido vossos pensamentos com relação ao vazio. Eu vos agradeço muito humildemente e de todo o meu coração; amo a verdade e a pesquiso sem preocupação, de acordo com vossos sentimentos, do modo pelo qual se trata a ciência nas escolas e daquela que é utilizada entre as pessoas que querem ver (e não acreditar) aquilo que se pode saber. Sinto-me obrigado a vos dizer o que me veio ao espírito após as luzes que me foram dadas pela leitura de vossa carta verdadeiramente douta, clara e cortês; e, para começar pela definição do espaço vazio, que parece ser o fundamento de todo o resto, descreverei vossas palavras.

"Aquilo que chamamos de espaço vazio é um espaço que tem comprimento, largura e profundidade, imóvel e capaz de receber e conter um corpo de comprimento e forma semelhante; que é aquilo que se chama de sólido em geometria, onde são consideradas apenas coisas abstratas e imateriais. De modo que a diferença essencial encontrada entre o espaço vazio e o corpo material, que tem comprimento, largura e profundidade, é que um é imóvel e o outro móvel e que um pode receber além de si um corpo que penetre suas dimensões, enquanto que o outro não o pode; pois a máxima de que a penetração de dimensões é impossível se aplica apenas às dimensões de dois corpos materiais: de outra forma ela não seria aceita universalmente. Daí se pode ver que existe tanta diferença entre o nada e o espaço vazio quanto entre o espaço vazio e o corpo; e que assim o espaço vazio está entre a matéria e o nada." Eis, senhor, vosso pensamento a respeito do espaço vazio muito bem explicado; quero crer que tudo isso é evidente e tendes o espírito convencido e plenamente satisfeito, já que vós o afirmais, tendo dito anteriormente "que não se deve jamais dar um julgamento definitivo afirmando ou negando uma proposição senão quando aquilo que se afirma ou nega preencha uma dessas duas condições a saber: ou que se apresente de modo tão claro e invencível por si mesmo à razão ou aos sentidos, conforme seja objeto de um ou de outro, que o espírito não tenha nenhum modo de duvidar de sua certeza; e é isso que chamados de princípios ou axiomas; ou que seja dedutível por conseqüências infalíveis e necessárias de princípios ou axiomas desse tipo." Esses, senhor, são os vossos sentimentos sobre as condições necessárias para assegurar uma verdade. E, quando disse em minha carta que *tudo aquilo que é espaço é corpo*, eu acreditava dizer uma coisa evidente e convincente por

---

[40] Esta segunda carta de Noël não é datada, porém, de acordo com seu primeiro parágrafo, foi escrita logo após o recebimento da resposta de Pascal (isto é, nos últimos dias de outubro ou início de novembro de 1647)

si própria com relação ao vazio aparente ou verdadeiro, que pressupus como evidente não ser nem espírito, nem acidente de nenhum corpo, de onde se deduz necessariamente que é um corpo; vejo agora o defeito de meu discurso: o vazio não é nem corpo material, nem acidente de corpo material *mas um espaço que tem comprimento, largura e profundidade, imóvel e capaz de receber e conter um corpo.* Mas se nego que exista algum espaço real e capaz de manter a luz, de transmiti-la e de retardar o movimento local de um corpo e que não seja corpo material, não vejo como me possam convencer do contrário: minha negação se apóia em que a astronomia não se serve desse espaço para explicar as partes e movimentos desse grande mundo, nem a medicina para compreensão das partes, movimentos e doenças do pequeno mundo, nem a arte para suas obras, nem a natureza para suas operações naturais; e, seguindo a máxima de que a natureza nada faz em vão, é preciso ou rejeitar esse vazio, ou, se ele está no mundo, admitir que esses grandes espaços que estão entre nós e os céus não são corpos materiais e que o verdadeiro vazio é suficiente para tudo isso. Afirmamos que existe água, e nós a vemos e tocamos; dizendo que existe ar em um balão cheio, porque sentimos sua resistência; que existe fogo, porque sentimos seu calor. Mas esse verdadeiro vazio não toca nenhum dos sentidos: e, para dizer que ele é sentido em um tubo onde o mercúrio não aparece, espero uma prova que não me engane; e a maior parte daqueles que procuram curiosamente a verdade até agora acreditaram fundamentar sobre várias experiências e boas razões que no mundo um espaço vazio é naturalmente impossível. Esse espaço e o ar seriam de natureza bem diferentes, este sendo móvel e impenetrável e aquele imóvel e penetrável; e no entanto não se poderia perceber nenhuma diferença entre a luz que se diz passar pelo vazio apenas e aquela que passasse pelo vazio e pelo ar juntos: se o vazio é suficiente, é em vão que a natureza emprega o ar. Vede, senhor, qual dos dois é mais plausível, ou vós que afirmais um espaço que não é perceptível aos sentidos e que para nada serve, nem para a arte, nem para a natureza e não o empregais senão para decidir uma questão duvidosa; ou eu, que o nego por não havê-lo jamais sentido, por sabê-lo inútil e impossível, pelo raciocínio de que esse espaço não seria corpo material e o seria, tendo a essência e as propriedades do corpo material. Mas esse vazio não seria talvez o intervalo desses antigos filósofos que Aristóteles tratou de refutar, ou talvez o espaço imaginário de alguns modernos, ou então a imensidade de Deus que não se pode negar, já que Deus está em toda parte? Em verdade, se esse verdadeiro vazio é apenas a imensidade de Deus, não posso negar sua existência; mas também não se pode dizer que essa imensidade, não sendo outra coisa além do próprio Deus, espírito muito simples, possua partes umas externas às outras, que é a definição que dou aos corpos e não aquela que vós dissestes ser de meus autores, tomada da composição de matéria e de forma. Os corpos simples são corpos e, no entanto, de acordo com o que julgam os mais inteligentes, não possuem essa composição; admito que as misturas a possuem, mas a considero muito obscura do modo que ela é imaginada por alguns para ser empregada como definição dos corpos: é por isso que defino o corpo, *aquilo que é composto de partes externas umas às outras*, e digo que *todo corpo é espaço, quando ele é considerado entre as extremidades e que todo espaço é corpo, pois todo espaço é composto de partes externas umas às outras e tudo aquilo que é composto de partes externas umas às outras é um corpo.* Se vós dizeis que as espécies do santo sacramento possuem partes

umas externas às outras e no entanto não são um corpo, responderei: — primeiramente pelo composto de partes umas externas às outras entendo aquilo que chamamos ordinariamente de comprido, largo e profundo. — em segundo, que se pode muito bem explicar a doutrina da igreja católica e romana, com relação às espécies do santo sacramento dizendo que *os pequenos corpos que permanecem nas espécies não são a substância do pão*. É por isso que o Concílio de Trento não se serve jamais da palavra acidente, falando sobre o santo sacramento, embora de fato esses pequenos corpos sejam verdadeiramente acidentes do pão, segundo a definição de acidente aceita por todo o mundo: *aquilo que não destrói* o sujeito *quer esteja presente ou ausente*. — em terceiro lugar, que, sem milagre, todo composto de partes umas externas às outras é corpo: e creio que, para decidir a questão do vazio, não há necessidade de recorrer a milagres, já que pressupomos que todas vossas experiências nada têm de superior às forças da natureza. Mas retornemos a vosso espaço, onde não vejo nem partes, nem comprimento, nem largura, nem profundidade efetiva e real, se ele for a imensidade de Deus que é espírito puro. Sei bem que, na imaginação do geômetra, separando a quantidade de suas condições individuais por uma abstração do pensamento, encontra-se um espaço imóvel; mas tal espaço assim desnudado de todas as suas circunstâncias só existe no espírito do geômetra e não pode ser esse vácuo que vós dizeis aparecer no tubo, nem a imensidade de Deus, embora ela seja imaginada como longa, larga e profunda, segundo nossa forma de entender unida e presa no corpo. Penso haver dito o bastante para duvidar se existe espaço vazio e se existe alguma outra diferença entre matéria e corpo que entre o corpo que existe no espaço do geômetra e aquele que está no mundo; este é matéria material, móvel efetiva e real; e o objeto daquele que possui apenas uma existência inventada e não é senão uma semelhança do outro, conseqüentemente, sem efeito e sem movimento. No entanto, já que vós assegurais a existência desse espaço vazio e me ensinais em vossa carta que não se deve assegurar nada sem convicções do sentido ou da razão, estou persuadido de que tendes algumas que não vejo e portanto pressuponho a existência desse espaço vazio e não percebo que ele sirva para explicar minhas experiências senão dizendo quatro coisas: a primeira, que quando o mercúrio desce nenhum corpo entra no vidro — a segunda, que esse vazio toma o lugar do mercúrio que desce — a terceira, que ele sustenta a luz que atravessa — a quarta, que ele retarda movimento dos corpos materiais, embora não possua nenhuma resistência, sendo penetrável e imóvel. Não duvido que vós tenhais previsto as dificuldades encerradas nessas quatro proposições. Detenho-me na primeira, que é a fonte das outras e sobre a qual proponho minhas dificuldades, sobre as quais espero ser satisfeito por vossas profundas especulações e cortesias. Portanto, em relação à primeira, vós dizeis que "todos os homens juntos não poderiam demonstrar que algum corpo preenche o espaço aparentemente vazio e que não é possível também ao conjunto dos homens mostrar que, quando a água aí retorna, algum corpo de lá saia". Em seguida vós me perguntais se isso não seria suficiente, de acordo com minhas máximas, para assegurar que esse espaço é vazio. Respondo ingenuamente que não. Se, falta de uma demonstração matemática (quer dizer, evidente e convincente), de que uma matéria entra no vidro quando o mercúrio desce, digo que existe apenas um espaço vazio, eu poderia, pela mesma razão, negar que, desde nossa

Terra[41] até o firmamento exista alguma matéria e concluir da seguinte forma: nem todos os homens juntos seriam capazes de demonstrar matematicamente que esses grandes espaços estejam cheios por algum corpo e, portanto, digo que esses grandes espaços não são senão um vazio imóvel e penetrável, suficiente para sustentar e transmitir a luz dos astros e ajustar seus movimentos. Se tal fosse meu discurso e meu sentimento, que diríeis vós? Ora, assim como os naturalistas acreditam ter bastantes provas e razões físicas para asseverar que esses grandes espaços estão preenchidos por um corpo impenetrável e móvel, embora não tenham nenhuma demonstração matemática disso; da mesma forma, embora eu não tenha convicções semelhantes, penso no entanto ter provas naturais suficientes para dizer que pelos poros do vidro passa e entra no vidro uma matéria que se chama ar sutil.

Vamos às experiências, que me fazem servir-me de vossos termos e dizer simplesmente *que meu sentimento* é que o ar sutil entra pelos poros do vidro . . . E como esses poros são muito pequenos, o ar que os preenche deve ser muito sutil e separado do mais grosseiro e sua mistura deve possuir menos terra e menos água. Em tudo o que chamamos de ar existe terra, nós o notamos no inverno, em um frio seco: as mãos expostas ao ar adquirem uma camada composta desses pequenos átomos terrestres que o preenchem e o resfriam; nesse mesmo todo existe água, como se vê claramente no tubo de vento do qual ela sai, quando vós o moveis com velocidade; que também exista fogo elementar, quer dizer, esse fogo que, por seu pequeno tamanho e rarefação, é invisível e portanto muito diferente da chama e do carvão incandescente que é cercado de fagulhas ou pequenas chamas que se extinguem na água ao contrário do fogo elementar incorruptível; que exista, digo, esse fogo no ar, pode-se percebê-lo pelo foco de um espelho ardente que queima pela reunião dos raios que estão no ar, e por um lenço onde se armazenam os espíritos ígneos que lhe traz o ar que está em torno do fogo; por isso vê-se sair fagulhas em um lugar escuro quando, depois de havê-lo estendido e aquecido bem, dobrando-o ainda quente, ele é estendido e passa-se a mão sobre ele de um modo pouco rude[42]; se os fogos de nossas chaminés preenchem de espíritos ígneos o ar em volta, o Sol, que queima através de refrações e reflexões, poderá muito bem expandir seus espíritos solares em todo o ar do mundo, e conseqüentemente, aí existir fogo, que o Senhor Descartes chama de *matéria sutil*.

A experiência também nos ensina que, na mistura que chamamos de *água* existe ar; eis aqui uma prova convincente: fazei uma câmara quadrada de cinco ou seis pés em todos os sentidos, na base de um côrrego de mesma altura; colocai no meio do teto um tubo redondo de três ou quatro polegadas de diâmetro, comprimento de quatro pés, que desça dentro da câmara perpendicularmente ao chão, que é nivelado, pelo qual a água do riacho caia perpendicularmente sobre o meio de uma pedra bastante

---

[41] No texto da carta existe aqui uma pequena lacuna. A palavra "Terra" foi interpolada para dar sentido à frase.

[42] O padre Noël se refere aqui à eletricidade estática e a seus efeitos. Era comum associar-se a eletricidade a um "fogo", já que a natureza de ambos era desconhecida e produziam efeitos luminosos semelhantes.

dura, achatada, redonda e com um pé de diâmetro, três polegadas mais alta do que o resto do chão; fazei lateralmente, em uma das quatro paredes, ao nível do chão, um furo por onde a água se escoe; fazei um outro, a um pé do chão, na parede que está diretamente à frente desse buraco; colocai em volta um tubo redondo e com comprimento de três pés que o preencha perfeitamente e que vá se estreitando desde a sua origem no muro, onde tem nove ou dez polegadas de diâmetro, até a extremidade que terá duas ou três polegadas: o ar sairá incessantemente por esse canal com tanto ímpeto quanto sai desses grandes foles de forja onde são fundidos os ferros das minas; esse ar, misturado, confundido e por assim dizer perdido nesse todo que chamamos de *água* e que cai perpendicularmente pelo tubo do teto, é encontrado e se separa da água que é grandemente pressionada entre a pedra que a recebe e a outra água seguinte que a empurra; e esse ar, não encontrando na câmara nada de aberto além desse tubo que está na parede a um pé do chão, empurrado pelo seguinte, engolfa-se nesse tubo e sai com a mesma velocidade que o desses grandes foles, com comprimento de quinze pés. Eis uma prova clara do ar misturado com água e de sua separação artificial e violenta: a água separada e mais grosseira escoa-se pelo buraco de baixo ao nível do chão e o ar separado sai por seu tubo um pé mais alto[43].

Noto aqui uma diferença bastante considerável entre o ar que é colocado na água (o mesmo ocorre com os outros elementos) e o ar que está mesclado à água, fazendo uma parte do todo ou mistura que chamamos de *água*: o ar colocado na água faz um todo à parte que chamamos de *ar* e sobe sempre para cima da água; o ar misturado com a água faz um todo com os outros elementos, que chamamos de *água* e não se separa daí a não ser pela violência.

O fogo elementar também se encontra na água, misturado como os outros elementos e não se separa deles senão quando é obrigado a sair daí pela compressão da água; aquela que está quente e principalmente aquela que ferve está cheia de espíritos ígneos que nossos carvões e nossas chamas lhe enviam; o mesmo dizemos a respeito do Sol com relação às águas do mundo: é por isso que à noite são vistas chamas sobre o mar, que os navios e outros corpos fazem sair da água quando a cortam[44]. Que exista terra na água, isso se vê nos canais das fontes e em certas pedras que crescem pela corrente da água pelos átomos terrestres que se separam dela ao serem pressionados.

Os movimentos sensíveis da água no termômetro me parecem não poder ser explicados inteligivelmente senão pela entrada ou movimento de espíritos ígneos do ar

---

[43] Nesse parágrafo, nota-se o uso que o padre Noël faz de um engenho popular na época: os foles hidráulicos. Era bastante plausível que o ar que saía do dispositivo proviesse da água. A tese do padre Noël, neste ponto, é aceita pela ciência moderna: pode existir (e existe, normalmente) ar misturado (ou dissolvido) na água.

[44] À noite, pode realmente ocorrer que a água do mar se torne luminosa ao ser cortada pela proa de um navio ou ao ser agitada pela tempestade. Atribui-se isso a um efeito de fosforescência de algas microscópicas. Na época, no entanto, nada impedia de supor que se tratasse de um fogo presente na água. Aqui e em outros parágrafos, Noël está apresentando fatos bastante interessantes que parecem indicar que, na matéria ordinária, todos os elementos estão presentes, misturados.

quente ou da mão aquecida. Eis meu pensamento, que proponho simplesmente: os espíritos do fogo que transpiram incessantemente da mão quente que toca a garrafa do termômetro movem o ar que está nos poros do vidro por seu toque; e esse ar movido move seu vizinho e este seu vizinho, que na água é muito menos móvel; é como se vós tivésseis em uma taça de prata diferentes partículas, das quais algumas fossem quadradas e as outras redondas, misturadas juntas e que vós sacudísseis toda essa mistura sacudindo a taça: as partes redondas, sendo mais móveis, se separam das quadradas, que terão menos movimento.

O ar, portanto, pelo seu movimento, se separa da água, e a água, por essa separação do ar, ocupa menos espaço; e parece-nos que se condensa, desce, se recolhe embaixo e abandona uma parte daquilo que é rarefeito que é o seu ar.

Ora, quanto maior é o calor da mão, maior é o movimento e mais são as partes que se rolam umas sobre as outras; e maior é o movimento e maior é a separação do ar e da água.

Esses rolamentos não são observáveis, mas a razão nos faz captá-los por esse axioma de que o movimento de um corpo preso por uma de suas partes e movido por outra é circular. Retirai esse movimento acidental das partes do ar e conseqüentemente das partes da água e o ar e a água retomam sua mistura natural; e, por essa mistura, a água se incha, ocupa mais espaço e parece subir. Se a água desce efetivamente sem que o ar dela se separe, diremos provavelmente que os espíritos ígneos entram no termômetro e que alguns outros daí saem; pois minha opinião é igual à daqueles que consideram que um corpo simples ocupa no mundo sempre um mesmo espaço, jamais um maior nem menor; de outra forma, ou existiria penetração dos corpos, ou o vazio: penetração, se ele ocupasse um maior espaço; vazio, se ocupasse um menor: assim, ou o mundo transbordaria ou não estaria sempre cheio. Não se pode negar que, entre os corpos simples, não existam alguns mais rarefeitos que, com igual número de átomos sensíveis, ocupam mais espaço e outros mais densos que ocupam menos: o fogo elementar é, por sua natureza, mais rarefeito e menos denso que a terra, e a terra, por sua natureza, mais densa e menos rarefeita que o fogo elementar: o fogo simples jamais se torna mais rarefeito, a terra simples jamais se torna menos densa; as misturas são mais ou menos rarefeitas, mais ou menos densas, conforme possuam mais ou menos participação de fogo ou de terra; daí se segue que o corpo misturado de terra ou de fogo é em parte denso e em parte rarefeito: se vós lhe tirardes seu fogo, ou lhe forneceres terra, vós o condensareis; ou, se vós diminuis sua terra, ou aumentais seu fogo, vós o rarefazeis; e se vós separais totalmente o fogo da terra e a terra do fogo, tereis em um lugar do mundo o rarefeito e em outro o denso. Suponhamos que este é de um pé e aquele de quatro com igual número de átomos naturais; os dois juntos em conjunto sem se misturar ocupam um espaço de cinco pés; sejam eles misturados e confundidos em conjunto e tomai todos os pequenos lugares que ocupa o fogo, eles não formarão jamais em conjunto senão um lugar de quatro pés; tomai todos aqueles que ocupam a terra, eles não farão senão um pé e os dois juntos um de cinco pés.

Aquilo que faz crer que um mesmo corpo, sem nada perder ou adquirir, possua às vezes mais e às vezes menos espaço, é a imperceptibilidade do corpo perdido ou adquirido; os sentidos se enganam, mas são corrigidos pela razão: nós não sentimos

aquilo que está dentro de um balão inflado no entanto, nós julgamos que é claramente algum corpo, pois resiste quando o pressionamos; e além disso, procurando qual pode ser este corpo, descobrimos que é aquele que chamamos de ar; da mesma forma, vendo que a luz passa através de uma garrafa de vidro, julgamos que ela contém um corpo transparente. Ora, assim como o balão se enche quando ar aí entra e, [pelo contrário, se esvazia quando][45] sai, da mesma forma um corpo misturado ocupa mais espaço quando ele é preenchido por um outro invisível e menos quando o abandona.

Essas experiências acima mostram que os elementos são misturados e a comparação dos líquidos, chamados humores, misturados em nossas veias, artérias e outras concavidades de nosso corpo, fazem entender essa mistura de elementos no grande mundo, onde as ações e movimentos do firmamento, das estrelas e dos planetas e principalmente do Sol, fazem ver que os elementos devem aí estar misturados, de modo que vós não podereis tomar nenhuma parte sensível de um onde os outros não estejam. O Sol envia continuamente e para todo mundo seus espíritos solares que, incessantemente e insensivelmente, movem e misturam tudo para o bem do mundo, como o coração envia para todo o corpo seus espíritos de vida, que incessantemente revolvem e misturam tudo para o seu bem.

A experiência nos ensina que os corpos se puxam uns aos outros.

Primeiramente, os homogêneos, se estão contínuos e, na falta desses, os heterogêneos contínuos e, dentre esses os mais fáceis de se mover. Portanto, o mercúrio, movido por seu peso, ao descer, puxará o ar que está nos poros, sendo o mais móvel dos corpos heterogêneos contínuos; e o ar que está nos poros, aquele que lhe é congênere e contíguo, como a água puxa a água.

Parece-me que aí há o suficiente para dizer, com o senso comum, que os elementos são misturados, que o ar se separa da água e abandona, quando é obrigado, sua parte mais grosseira e que passa para dentro do tubo pelos poros do vidro; e que o verdadeiro vazio não é apoiado nem pela razão nem pela experiência.

Digamos agora porque o mercúrio, quando o tubo é destampado, desce e não desce senão à altura de 2 pés e 3 polegadas. Comparemos o mercúrio que está dentro do tubo com aquele que está na cuba, como o peso que está em um prato de uma balança com o peso que está na outra: se aquele que está na cuba pesa mais do que aquele que está no tubo, ele descerá e fará subir o do tubo, como o peso mais pesado de uma balança desce e faz subir o outro; pelo contrário, se aquele que está no tubo é mais pesado do aquele da cuba, ele descerá, fazendo subir o da cuba até a igualdade de peso que, pela desigualdade de nível perpendicular ao horizonte, se encontra naquele que está na cuba, inferior em 2 pés e 3 polegadas que aquele do tubo; e essa desigualdade de nível vem de que o mercúrio que está no tubo não tem peso suficiente para se igualar ao nível daquele da cuba, aproximando-se do centro tanto quanto aquele, este subindo e o outro descendo; a vantagem que o da cuba possui em relação ao outro deve-se ao ar que pesa sobre o da cuba e não pesa sobre o do tubo[46].

---

[45] O trecho entre chaves indica uma interpolação necessária para dar sentido à frase. Provavelmente a pena de Noël não acompanhou seus pensamentos.

[46] Note-se que Noël, *ao contrário de Pascal, nessa época*, aceita a existência da pressão atmosférica e utiliza aqui essa idéia, para explicar o funcionamento do barômetro. A crença na pressão

Isso quer dizer que o ar comum que respiramos é pesado: não se pode duvidar disso, depois de haver pesado um tubo de vento antes e depois de havê-lo comprimido[47]. Aquele que recobre a superfície do mercúrio no tubo não desce, seja por ser retido pelo vidro que permanece, seja por haver deixado a sua parte mais grosseira que o tornava pesado: daí se segue que ele não pesa nem pressiona o mercúrio, seja grande ou pequeno, não importa, não pesando nem quando grande nem quando pequeno, pois não pesa nada; mas aquele que está sobre a superfície do mercúrio da cuba pesa e o empurra; e portanto ele é, em relação àquele que está no tubo, pesado demais para subir[48]. Deixando-o descer, se vós rompeis esse equilíbrio ou seja a desigualdade de superfície, um sobe e o outro desce: por exemplo, se inclinais o tubo de modo que a superfície do mercúrio que está no tubo não fique mais elevado do que aquele que está na cuba por 2 pés e 3 polegadas, o mercúrio da cuba desce e faz subir aquele que está no tubo. Essa resposta vale também para a água de cerca de 33 pés.

Vamos agora à experiência da seringa. Mostramos que na água existe ar e portanto o ar pode dela ser separado; e o ar depurado pode entrar na seringa por seus poros quando, pela atração do pistão, aquele que está nos poros do vidro é obrigado a segui-lo; e não podendo segui-lo senão puxando atrás de si a água contígua, que pressiona contra o vidro, cujos poros são pequenos demais para sua passagem; puxando-a, ele separa e tira o ar que o segue. A resistência sentida à primeira separação do pistão vem do ar dos poros que não está ainda em movimento para abandoná-los e seguir um corpo que o puxa do vidro; e do ar que está na água, cuja separação resiste ao movimento que os separa: a dificuldade diminui pouco a pouco, não restando senão a segunda resistência. A mão do operário que puxa com uma tenaz o fio de ferro pela fieira sente muito mais resistência no começo do que posteriormente: a razão física desta dificuldade é que aquilo que está em repouso está mais distante do movimento do que aquilo que já está em movimento.

O ar que está na seringa, extremamente sutil e móvel, está sempre agitado pelos espíritos solares, como os vitais em todas as partes do corpo; ele sai com ímpeto assim que vós retirais o dedo e a água entra pela mesma abertura, puxada por aquele que resta e por esse movimento do ar e da água é feita a mistura como anteriormente.

A experiência da corda é entendida muito bem, se dissermos que, à medida que ela sai do tubo, a água ocupa seu lugar e, não havendo nenhum outro corpo contíguo mais móvel do que o mercúrio, ela o faz subir até a altura necessária ao equilíbrio daquele que está no tubo com aquele que está na cuba.

---

atmosférica não era incompatível com a negação do vazio. A posição de Descartes, neste aspecto, é semelhante à de Noël.

[47]O "tubo de vento" (*cane à vent*) parece ser um tipo de seringa, que podia ter sua extremidade fechada e dentro da qual se podia comprimir o ar. Um instrumento desse tipo foi utilizado por Mersenne para determinar o peso do ar, medindo-se a diferença de peso do conjunto antes e depois de nele se comprimir o ar.

[48]Nesta frase, um pouco obscura, Noël quer indicar que há ar dentro do 'vazio" barométrico, mas que esse ar não pesa nada e não transmite a pressão atmosférica externa, ao contrário do que ocorre na superfície do mercúrio.

Vede, senhor, que todas as experiências não são contrariadas por esta hipótese de que um corpo entra no vidro e podem se explicar tão provavelmente pelo pleno quanto pelo vazio, pela entrada de um corpo sutil que conhecemos, quanto por um espaço que não é nem Deus, nem criatura, nem corpo, nem espírito, nem substância, nem acidente, que transmite a luz sem ser transparente, que resiste sem resistência, que é imóvel e se transporta com um tubo, que está em toda parte e em nenhum lugar, que faz tudo e não faz nada: essas são as admiráveis qualidades do espaço vazio enquanto espaço: ele é e produz maravilhas enquanto que vazio; ele não faz nada enquanto espaço; ele é longo, largo e profundo, enquanto que vazio; ele exclui o comprimento, a largura e a profundidade enquanto que espaço: se for necessário, mostrarei todas essas belas propriedades e conseqüências.

Sobre o final de vossa carta, acusais de obscura minha definição da luz. Permiti que eu a explique em duas palavras. Um corpo lúcido, que distingo do luminoso porquanto o luminoso é aquele que vemos e o corpo lúcido não é visto, mas ele toca a vista por seu movimento, quer dizer, ele produz a visão; e aquilo que faz ver é aquilo que dá a forma à parte do cérebro vivo, que termina nos nervos óticos totalmente preenchidos por esses pequenos corpos que são chamados de espíritos *lúcidos*, ou, se essa palavra vos parece mal francês, *luminosos*; e essa parte do cérebro vivo é o poder que chamamos visão: o movimento que faz essa figura é aquele que chamo *luminar*, e não é adequado senão a esses pequenos corpos que são capazes de produzir a forma da visão; os corpos que chamamos de *transparentes* estão sempre cheios desses pequenos corpos ou espíritos lúcidos; mas esses pequenos corpos não possuem sempre um movimento luminar, quer dizer, um movimento capaz de criar a forma da visão; e são apenas os corpos luminosos, como a chama, que podem dar esse movimento luminar, assim como apenas o ímã pode dar o movimento magnético à limalha de ferro; e como o ímã dá esse movimento a esse pó de ferro sem fornecê-lo aos corpos vizinhos, da mesma forma a chama ou corpo luminoso só dá seu movimento luminar aos espíritos lúcidos e não aos outros vizinhos. Isso é curto, mas suficiente para pessoas capazes e inteligentes como aquela a quem tenho a honra de escrever.

Essa definição, que diz que a iluminação é um movimento luminar (ou seja, capaz de tocar e dar forma à visão) dos raios compostos de espíritos lúcidos, não pode ser adequada para a luz que passa pelo vazio, se o vazio não possui a qualidade de um corpo transparente.

Quando eu disse que a luz penetrava esse aparente vazio com refrações e reflexões, não disse que ele tivesse outras sensíveis além das do vidro. Sei bem que os óticos supõem refrações no ar à saída do vidro; mas como elas não podem ser sensíveis em nosso aparente vazio, não me deterei nisso.

De resto, senhor, vós podeis, nesta resposta, ver minha franqueza e docilidade, que não sou teimoso e que não procuro senão a verdade. Vossa objeção me fez abandonar minhas primeiras idéias; estou prestes a abandonar aquela que na presente for contrária a vossos sentimentos se vós me fizerdes aparecer o erro: sou-vos extremamente agradecido por vossas experiências que confirmam meus pensamentos, bastante diferentes da maior parte daqueles ensinados nas Escolas: parece-me que elas se ajustam bastante às vossas, exceto o vazio, que ainda não consigo apreciar. Se uma perna não me

incomodasse, proporcionar-me-ia a honra de ver-vos e de vos assegurar por meus próprios lábios aquilo que faço por escrito, que sou de todo o meu coração,

Senhor,

vosso muito humilde e muito obediente servidor segundo Deus.

Estienne Noël.

CARTA DE PASCAL AO SENHOR LE PAILLEUR, A RESPEITO DO PADRE NOËL, JESUÍTA[49]

Senhor,

Já que vós desejais saber aquilo que me fez interromper a troca de cartas com o reverendíssimo padre Noël, que ele me fez a honra de começar, desejo satisfazer-vos prontamente; e tenho certeza de que, se censurastes meu procedimento antes de saber sua causa, vós o aprovareis quando souberdes as razões que me levam a isso.

A mais forte de todas é que o reverendíssimo padre Talon, quando teve o trabalho de trazer-me a última carta do padre Noël, fez-me ouvir, na presença de três de vossos bons amigos, que o padre Noël se compadecia de minha indisposição, que temia que minha primeira carta não tivesse ajudado a minha saúde e que me rogava não prejudicá-la mais por uma segunda; em uma palavra, que não lhe respondesse; que nós poderíamos esclarecer verbalmente as dificuldades que nos restassem e ainda que não me rogava que não mostrasse sua carta a pessoa nenhuma; pois como ele havia escrito apenas para mim, temia que algum outro a visse e que, sendo as cartas coisas particulares, elas sofressem alguma violência quando não fossem mantidas secretas.

Confesso que se essa proposta me tivesse vindo de outra parte que não a desses bons padres, parecer-me-ia suspeita e eu temeria que aquele que ma fez tivesse querido se prevalecer de um silêncio ao qual ele tivesse me obrigado por um pedido capcioso. Mas duvidei tão pouco de sua sinceridade, que lhe prometi tudo isso sem reserva e sem temor. Em seguida mantive sua carta secreta e sem resposta com um cuidado bastante particular. É por isso que muitas pessoas, mesmo desses padres, que não estavam bem informadas da intenção do padre Noël, aproveitaram-se para dizer que tendo encontrado em sua carta a ruína de meus sentimentos, eu ocultei suas belezas, por medo de descobrir minha feiúra, e que apenas a minha fraqueza havia me impedido de difundi-la.

Vede, senhor, como essa conjuntura me era contrária, pois não pude guardar sua carta sem desvantagem nem publicá-la sem infidelidade; e minha honra estava igualmente ameaçada pela minha resposta ou por meu silêncio, já que uma trairia minha promessa e outra meu interesse.

No entanto mantive religiosamente minha palavra; e pretendia responder sua carta no tratado no qual devo responder precisamente a todas as objeções que foram

[49] Esta carta não é datada. Parece ter sido escrita, de acordo com os editores das *Obras* de Pascal, em fevereiro ou março de 1648 (veja-se, no entanto, a nota 53, mais adiante). Pode-se notar que havia se passado um certo tempo desde a última carta de Noël e que pessoas a par da discussão estavam pressionando Pascal para que fornecesse uma resposta. A carta de Pascal é bastante violenta, muito mais do que se esperaria pelo tom moderado e cordial das cartas do padre Noël.

feitas contra essa proposição que coloquei no meu resumo " que esse espaço não está cheio de nenhuma das matérias sensíveis a nossos sentidos e que são conhecidas na natureza". Assim, acreditei que nada me obrigava a precipitar minha resposta, que eu queria tornar mais exata, adiando-a por algum tempo. A essas considerações, adiciono que, como todas as discussões desse tipo permanecem eternas se alguém não as interrompe e que elas não podem terminar se um dos dois lados não começa a terminar, acreditei que a idade, o mérito e a condição desse padre me obrigavam a lhe ceder a vantagem de ter escrito por último sobre esse assunto. Mas além de todas essas razões, reconheço que apenas a sua carta foi suficiente para me dispensar de responder-lhe e me asseguro de que vós vereis que ela parece ter sido concebida expressamente em termos que não me obrigavam a responder-lhe.

Para mostrá-lo, far-vos-ei notar os pontos que ele tratou, mas por uma ordem diferente da sua e tal que ele teria escolhido, sem dúvida, em uma obra mais trabalhada, mas que ele não julgou necessária na ingenuidade de uma carta; pois cada um desses pontos se encontra espalhado em todo o corpo de seu discurso e escondido em quase todas as suas partes.

Ele tem o própósito de aí declarar que a minha carta o fez abandonar o seu primeiro sentimento, sem que no entanto ele pudesse se adaptar ao meu. Portanto podemos considerá-la como dividida em duas partes, da qual uma contém as coisas que lhe impedem de seguir meu pensamento e a outra aquelas que apóiam seu segundo sentimento. É sobre cada uma dessas partes que espero fazer-vos ver como eu tinha pouca obrigação de responder.

Quanto à primeira, com respeito às coisas que o afastavam de minha opinião, suas primeiras dificuldades são que esse espaço não pode ser outra coisa senão um corpo, pois sustenta e transmite a luz e retarda o movimento de um outro corpo. Mas creio lhe haver mostrado bastante, na minha carta, a pouca força dessas mesmas objeções que estavam contidas na sua primeira; pois eu lhe disse em termos bastante claros que, embora os corpos caiam em certo tempo nesse espaço e que a luz o penetre, não se deve atribuir esses efeitos a uma matéria que o preencha necessariamente, pois podem pertencer à própria natureza do movimento e da luz e que, enquanto permanecemos na ignorância em que estamos sobre a natureza dessas coisas, não podemos daí tirar nenhuma conseqüência; pois ela apoiar-se-ia apenas sobre a incerteza; e que, como o Padre Noël conclui da aparência desses efeitos que uma matéria preenche esse espaço e que sustenta a luz e causa esse retardamento, pode-se, com bastante razão, concluir desses mesmos efeitos que a luz se sustenta no vazio e que o movimento aí se faz num certo tempo; visto que tantas outras coisas favorecem essa última opinião, que ela era, de acordo com o julgamento dos sábios, incomparavelmente mais verossímil do que a outra, antes mesmo que tivesse recebido o apoio que lhe foi trazido por essas experiências.

Mas se ele assim mostrou ter observado pouco essa parte de minha carta, testemunha não haver compreendido uma outra, pela segunda das coisas que o chocam em meu sentimento; pois ele me atribui um pensamento contrário aos termos de minha carta e de meu impresso e completamente oposto ao fundamento de todas as minhas máximas. É que ele imagina que eu afirmei em termos decisivos a existência real do espaço vazio;

e sobre essa imaginação, que ele toma por uma verdade constante, exerce sua pena para mostrar a fraqueza dessa afirmação.

No entanto, ele pôde ver que eu coloquei em meu impresso que a minha conclusão era simplesmente que meus sentimentos serão "que esse espaço é vazio, até que me tenham mostrado que uma matéria o preenche"; o que não é uma afirmação real do vazio; e ele pôde ver também que coloquei na minha carta essas palavras que me parecem bastante claras: "enfim, meu reverendo padre, considerai, rogo-vos, que todos os homens juntos não conseguiriam demonstrar que nenhum corpo segue aquele que abandona o espaço aparentemente vazio e que não é possível também ao conjunto de todos os homens mostrar que, quando a água aí sobe, algum corpo daí saiu. Isso não seria suficiente, de acordo com vossas máximas, para assegurar que esse espaço é vazio? No entanto, digo simplesmente que meu sentimento é que ele é vazio. Julgai se aqueles que falam com tanta precaução a respeito de uma coisa onde teriam direito de falar com mais segurança poderiam fazer um julgamento decisivo sobre a existência dessa matéria ígnea, tão duvidosa e tão pouco estabelecida".

Assim, eu não teria jamais imaginado o que lhe fez nascer esse pensamento, se ele próprio não tivesse me advertido disso na primeira página, onde descreve fielmente a distinção que eu forneci do espaço vazio em minha carta, que é a seguinte: "aquilo que chamamos de espaço vazio é um espaço que tem comprimento, largura e profundidade, é imóvel e capaz de receber e conter um corpo de comprimento e forma semelhante; e é aquilo que se chama de *sólido* em geometria, onde são consideradas apenas coisas abstratas e imateriais". Depois de haver relatado palavra por palavra essa definição, ele daí tira imediatamente essa conseqüência: "eis, senhor, vosso pensamento sobre espaço vazio muito bem explicado; quero crer que tudo isso vos é evidente e tens o espírito plenamente convencido e satisfeito, pois vós o afirmais."

Se ele não houvesse transcrito meus próprios termos, eu teria acreditado que ele não os leu bem, ou que eles haviam sido mal escritos e que, no lugar da primeira palavra, *eu chamo*, ele tivesse encontrado essa: *eu afirmo*; mas, já que ele relatou minha frase inteira, não me resta senão pensar que ele concebeu uma conseqüência necessária de um desses termos para o outro e que ele não faz diferença entre definir uma coisa e afirmar sua existência.

É por isso que acreditou que eu havia afirmado a existência real do vazio, pelos próprios termos pelos quais o defini. Sei que aqueles que não estão acostumados a ver as coisas tratadas em sua verdadeira ordem imaginam que não podem definir uma coisa sem serem assegurados de sua existência; mas deveriam notar que é preciso sempre definir as coisas, antes de pesquisar se elas são possíveis ou não e que os graus que nos levam ao conhecimento da verdade são a definição, o axioma e a prova; pois, inicialmente, concebemos a idéia de uma coisa; em seguida, damos um nome a essa idéia, quer dizer, nós a definimos; e enfim, procuramos se essa coisa é verdadeira ou falsa. Se descobrimos que ela é impossível, é considerada uma falsidade; se demonstramos que ela é verdadeira, é considerada verdade; e enquanto não foi possível provar sua possibilidade nem sua impossibilidade, ela é considerada imaginação. Daí se torna evidente que não existe ligação necessária entre a definição de uma coisa e a afirmação de sua existência; e que pode-se também definir tão bem uma coisa impossível, quanto uma verdadeira.

Assim, pode-se chamar de triângulo retilíneo e retângulo aquele que se imaginasse possuir dois ângulos retos e mostrar em seguida que um tal triângulo é impossível; assim, Euclides define inicialmente as paralelas e mostra depois que elas podem existir; e a definição do círculo precede o *postulado* que propõe sua possibilidade. Assim, os atrônomos deram nomes aos círculos concêntricos, excêntricos e epiciclos, que imaginaram nos céus, sem estarem seguros de que os astros descreviam realmente tais círculos por seus movimentos; assim, os peripatéticos deram nome a essa esfera de fogo, cuja verdade seria difícil de demonstrar.

É por isso que quando eu quis me opor às decisões do padre Noël, que excluíam o vazio da natureza, não acreditei poder entrar nessa pesquisa, nem mesmo dizer uma palavra sobre ela, antes de haver declarado aquilo que entendo pela palavra de *vazio*, tendo me sentido ainda mais obrigado por alguns trechos da primeira carta desse padre, que faziam julgar que a noção que ele tinha disso não era igual à minha. Vi que ele não podia distinguir as dimensões da matéria, nem a imaterialidade do nada; e que essa confusão lhe fazia concluir que, quando atribuí a esse espaço comprimento, largura e profundidade, eu me obrigava a dizer que ele era um corpo; e que logo que o tornei imaterial, eu o reduzi ao nada. Para desembaralhar todas essas idéias, eu lhe forneci essa definição, onde ele pode ver que a coisa que nós concebemos e exprimimos pela palavra *espaço vazio*, é intermediária entre a matéria e o nada, sem participar nem de um nem de outro; que difere do nada por suas dimensões; que sua falta de resistência e sua imobilidade o distinguem da matéria: de tal forma que se mantém entre esses dois extremos, sem se confundir com nenhum deles.

No fim de sua carta, ele reúne em um período todas essas dificuldades, para dar-lhes mais força unindo-as. Veja seus termos (página 11): "*esse espaço que não é nem Deus, nem criatura, nem corpo, nem espírito, nem substância, nem acidente, que transmite a luz sem ser transparente, que resiste sem resistência, que é imóvel e se transporta com o tubo, que está em toda parte e em nenhuma parte, que faz tudo e não faz nada: essas são as admiráveis qualidades do espaço vazio: enquanto espaço, ele é e faz maravilhas; enquanto vazio, ele nada é e nada faz; enquanto espaço, ele é longo, largo e profundo; enquanto que vazio, ele exclui o comprimento, a largura e a profundidade. Se for necessário, mostrarei todas essas belas propriedades, como conseqüência do espaço vazio*".

Como uma grande seqüência de belas coisas se torna por fim aborrecida por seu próprio comprimento, acreditei que o padre Noël aqui se cansou de haver produzido tanto; e que, prevendo um aborrecimento semelhante àqueles que as houvessem visto, ele quis descer de um estilo mais grave para um menos sério, para desembaraçá-las desse peso, afim de que, depois de lhes haver fornecido tantas coisas que exigiam uma admiração penosa, ele lhes desse, por caridade, um assunto para diversão. Fui o primeiro a sentir o efeito dessa bondade; e aqueles que verão sua carta em seguida, também a sentirão: pois não existe pessoa que, depois haver lido aquilo que eu lhe havia escrito, não ria das conseqüências que ele daí tira e dessas antíteses opostas com tanta justiça, que é fácil ver que ele cuidou mais de tornar seus termos contrários uns aos outros do que conformes a razão e a verdade.

Mas para examinar as objeções em particular: *esse espaço*, diz ele, *não é nem Deus, nem criatura*. Os mistérios relacionados à divindade são santos demais para profaná-los

por nossas disputas; devemos torná-los objeto de nossa adoração e não assunto de nossas conversas: se bem que, sem discorrer sobre isso de modo nenhum, submeto-me completamente àquilo que decidirem aqueles que têm o direito de fazê-lo.

Nem corpo, nem espírito. É verdade que o espaço não é nem corpo nem espírito; mas é espaço: assim, o tempo não é nem corpo nem espírito; mas é o tempo: e, como o tempo não deixa de existir, embora não seja nenhuma dessas coisas, assim também o espaço vazio pode muito bem existir, sem para isso ser nem corpo nem espírito.

Nem substância, nem acidente. Isso é verdade, se entendemos pela palavra *substância* aquilo que é ou corpo ou espírito; pois, nesse sentido, o espaço não será nem substância, nem acidente; mas será espaço, como, nesse mesmo sentido, o tempo não é nem substância, nem acidente; mas é tempo, pois, para existir, não é necessário ser nem substância nem acidente: como muitos de seus padres sustentam: que Deus não é nem um nem outro, embora seja o Ser soberano.

Que transmite a luz sem ser transparente. Esse discurso tem tão pouca luz, que não o posso perceber: pois não compreendo que sentido esse padre dá à palavra *transparente*, uma vez que ele descobre que o espaço vazio não o é. Pois, se ele entende por transparência, como todos os estudiosos da ótica, a privação de todo obstáculo à passagem da luz, não vejo porque ele retire isso de nosso espaço, que a deixa passar livremente: se bem que, falando sobre esse assunto com meu pouco conhecimento, eu lhe tenha dito que esses termos *transmite a luz*, que não são próprios senão à sua forma de imaginar a luz, possuem o mesmo sentido que estes: *deixar passar a luz*; e que ele *é transparente*, quer dizer, que não lhe traz nenhum obstáculo: nisso não encontro nem absurdo nem contradição[50].

Ele resiste sem resistência. Como ele não avalia a resistência desse espaço senão pelo tempo que os corpos lá empregam em seus movimentos e como discorremos bastante sobre a nulidade dessa conseqüência, ver-se-á que não há razão para dizer que ele resiste: encontrar-se-á, pelo contrário, que esse espaço não resiste porque ele é desprovido de resistência, onde nada vejo senão aquilo que é conforme à razão[51].

Que ele é imutável e se transporta junto com o tubo. Aqui, o padre Noël mostra quão pouco penetra no meu sentimento que quer refutar; e gostaria de rogar que ponderasse sobre esse assunto que quando um sentimento é adotado por várias pessoas sábias, não se deve dar valor a objeções que parecem arruiná-lo quando elas são muito fáceis de prever, pois deve-se crer que aqueles que o sustentam já se preveniram contra elas e que, sendo facilmente descobertas, encontraram sua solução, pois continuam com essa opinião. Ora, para examinar essa dificuldade em particular, se essas antíteses ou contrariedades não houvessem deslumbrado bastante seu espírito assim como encan-

---

[50] O argumento do padre Noël é simples e claro a qualquer pessoa da época com algum treino em escolástica: se o espaço vazio não é uma substância, ele não pode ter atributos e portanto não pode ser transparente (pois a transparência é um acidente que só pode ser atribuído a uma substância). Pascal desconhece ou finge ignorar a escolástica.

[51] Se ele não resiste, por que o movimento não é instantâneo? Só a dinâmica de Newton, muito posterior, permitiria fundamentar a posição de Pascal. Em 1647, essa afirmação de Pascal não faz sentido.

tado sua imaginação, ele teria tomado sem dúvida cuidado pois, embora lhe pareça, o vazio não é transportado com o tubo e a imobilidade é tão natural ao espaço quanto o movimento aos corpos. Para tornar essa verdade evidente, deve-se notar que o espaço, em geral, compreende todos os corpos da natureza, dos quais cada um em particular ocupa uma certa parte; mas, embora eles sejam todos móveis, o espaço que eles preenchem não o é; pois, quando o corpo se move de um lugar para outro, ele apenas muda de lugar, sem transportar consigo aquele que ocupava enquanto estava em repouso. De fato, acaso faz ele alguma outra coisa senão abandonar seu primeiro lugar imóvel, para tomar sucessivamente outros igualmente imóveis? Mas aquele que abandonou, permanece sempre firme e inabalável: embora se torne ou preenchido por um outro corpo se algum lá o substitui ou vazio se nenhum se oferece para substituí-lo; mas, seja vazio ou cheio, sempre em um repouso semelhante, esse vasto espaço, cuja amplidão engloba tudo, é tão estável e imóvel em cada uma de suas partes como o é em seu todo. Assim, não vejo como o padre Noël tenha podido pretender que o tubo comunique seu movimento ao espaço vazio, pois, não tendo nenhuma consistência para ser empurrado, ou garra por onde possa ser puxado e não sendo sucetível nem de peso nem de nenhuma das faculdades atrativas, é visível que ele não pode mudar. O que o enganou é que, quando se transporta o tubo de um lugar para outro, ele não viu nenhuma mudança dentro; é por isso que pensou que esse espaço era sempre o mesmo pois era sempre parecido consigo mesmo. Mas ele deveria observar que o espaço que o tubo encerra em uma situação não é o mesmo que aquele que ele encerra na segunda; e que na sucessão de seu movimento, adquire continuamente novos espaços: embora aquele que estava vazio na primeira de suas posições se torne cheio de ar, quando ele parte daí para tomar a segunda, na qual ele torna vazio o espaço que encontra, e que estava cheio de ar anteriormente; mas um e outro desses espaços alternadamente cheios e vazios permanecem sempre igualmente imóveis. Daí é evidente que é fora de propósito acreditar que o espaço vazio muda de lugar; e aquilo que é mais estranho é que a matéria com a qual o padre o preenche é tal que, segundo sua própria hipótese, ela não poderia ser transportada com o tubo; pois, como ela entraria e sairia pelos poros do vidro com total facilidade, sem lhe aderir de modo nenhum, como a água de um vaso perfurado por todos os lados, é visível que ela não se transportaria com ele, como vemos que esse mesmo tubo não transporta a luz, pois ela o perfura sem dificuldade e sem aprisionamento e nosso mesmo espaço exposto ao Sol muda de raios quando muda de lugar, sem transportar consigo para o segundo lugar a luz que o preenchia no primeiro e que, em diferentes situações, recebe raios diferentes, tanto quanto espaços diversos.

Enfim, o padre Noël se espanta que *ele faça tudo e nada faça; que esteja em toda parte e em nenhuma parte; que seja e faça maravilhas, embora não exista; que tenha dimensões sem tê-las*. Se esse discurso tem sentido, confesso que não o compreendo; é por isso que não me sinto obrigado a respondê-lo[52].

---

[52] Mais uma vez, Noël não dá uma longa explicação quando qualquer pessoa com treino filosófico, na época, poderia entendê-lo. Noël quer dizer que a *experiência* mostra que o espaço vazio tem propriedades; mas que a *concepção* de um vácuo nos obrigaria a dizer que ele nada pode fazer, que não pode ter propriedades, que não pode estar em um local nem ter volume (pois só um corpo pode ter essas propriedades). Ou seja: Noël está contrapondo a experiência à concepção de um vácuo como idêntico ao nada e mostrando a incompatibilidade entre ambos.

Eis, senhor, quais são as dificuldades e as coisas que o chocam em meu sentimento; mas, como elas testemunham mais que ele não entende meu pensamento e não que o contradiz; e como parece que ele encontrou mais obscuridade do que defeitos, acreditei que ele encontraria esclarecimento em minha carta, caso se desse ao trabalho de vê-la com mais atenção; e que, assim, eu não seria obrigado a responder-lhe, já que uma segunda leitura seria suficiente para resolver as dúvidas que a primeira havia feito nascer.

Quanto à segunda parte de sua carta, que se refere às mudanças de seu primeiro pensamento e estabelecimento do segundo, ele declara inicialmente o objetivo que tem de negar o vazio. A razão que ele descreve é que o vazio não é sensível de forma alguma e por isso ele diz que, como nego a existência da matéria apenas pela razão de que ela não fornece nenhuma marca sensível de sua existência e que o espírito não concebe nenhuma necessidade dela, pode-se, com igual força e vantagem, negar o vácuo, pois ele tem isso de comum com ela, que nenhum dos sentidos o percebe. Eis suas palavras: "*dizemos que existe água, pois nós a vemos e a tocamos; dizemos que existe ar em um balão cheio, pois sentimos sua resistência; que existe fogo, pois sentimos o calor; mas o verdadeiro vazio não toca nenhum dos sentidos*".

Mas eu me espanto que ele faça um paralelo de coisas tão diferentes e que não tenha se prevenido de que, como não há nada de tão contrário ao ser quanto o nada, nem a afirmação da negação, deve-se proceder às provas de um e de outro por meios contrários; e que aquilo que permite o estabelecimento de um é a destruição do outro. Pois o que seria necessário para chegar ao conhecimento do nada senão conhecer uma total privação de todos os tipos de qualidades e de efeitos; enquanto que, se aparecesse uma só, concluir-se-ia, pelo contrário, a existência real de uma causa que o produz? E em seguida, ele diz: "*vede, senhor, qual de nós deve ser mais acreditado, ou vós que afirmais um espaço que não é perceptível aos sentidos e que não serve nem para a arte nem à natureza e não o empregais senão para decidir uma questão bastante duvidosa*", etc.

Mas, senhor, deixo-vos o julgamento. Quanto não se vê nada e quando os sentidos nada percebem em um lugar, quem está melhor fundamentado: aquele que afirma que aí existe alguma coisa, embora nada perceba, ou aquele que pensa que aí nada existe, pois não vê nenhuma coisa?

Depois que o padre Noël declarou, como acabamos de ver, a razão que tem de excluir o vazio e que ele negou por essa mesma privação de qualidades que permite tão justamente aos outros crê-lo e que é o único meio sensível de chegar à sua prova, ele pretende agora mostrar que é um corpo. Para isso, imaginou uma definição de corpo que concebeu sob medida, de tal modo que ela convém a nosso espaço, para que ele possa daí tirar sua conseqüência com facilidade. Eis os seus termos: "*defino como corpo aquilo que é composto de partes externas umas as outras, e digo que todo corpo é espaço, quando é considerado entre as extremidades e que todo espaço é corpo, pois é composto de partes externas umas às outras.*"

Mas, para mostrar que nosso espaço não é vazio, não se trata aqui de lhe dar o nome de corpo, como fez o padre Noël, mas de mostrar que é um corpo, como ele pretendeu fazê-lo. Não é que não lhe seja permitido dar àquilo que possui partes fora uma das outras o nome que lhe agrade; mas ele não tirará grande vantagem dessa liberdade;

pois o nome de *corpo*, pela escolha que ele fez, se torna equívoco: existirão dois tipos de coisas completamente diferentes e até mesmo heterogêneas que serão chamadas de *corpo*: uma, aquilo que tem partes externas umas às outras; pois serão chamadas de *corpo* de acordo com padre Noël; a outra, uma substância material, móvel e impenetrável; pois ela é chamada de *corpo* ordinariamente. Mas não se poderá concluir a partir dessas semelhanças de nomes uma semelhança de propriedades entre essas coisas, nem mostrar, por esse meio, que aquilo que possui as partes exteriores umas às outras seja a mesma coisa que uma substância material, imóvel, impenetrável, pois não está em seu poder fazê-las concordar em natureza tanto quanto em nome. Se ele tivesse dado àquilo que possui partes externas umas às outras o nome de *água*, *espírito*, *luz*, o que ele poderia ter feito tão facilmente quanto o de *corpo*, ele também não teria podido concluir que nosso espaço fosse nenhuma dessas coisas: assim, quando ele deu o nome de *corpo* àquilo que possui partes externas umas às outras e disse, em conseqüência dessa definição, *digo que todo espaço é corpo*, deve-se tomar a palavra *corpo* no sentido em que ele acabou de dar: de modo que, se substituirmos a sua definição no lugar do que é definido, o que se pode sempre fazer sem alterar o sentido de uma proposição, descobriremos que essa conclusão, que todo espaço é corpo, não é nada mais do que isso: que todo espaço possui partes externas umas às outras; mas não que todo espaço é material, como imaginou o padre Noël. Não me deterei mais ainda sobre uma conseqüência cuja fraqueza é tão evidente, pois falo a um excelente geômetra, e tende tanto facilidade para descobrir os erros de raciocínio quanto força para evitá-los.

Indo mais adiante, o reverendíssimo padre Noël deseja mostrar que corpo é esse; e, para estabelecer seu pensamento, começa por um longo discurso, no qual pretende provar a contínua e necessária mistura dos elementos, e onde não mostra outra coisa senão que se encontram algumas partes de um elemento entre as dos outros e que eles são misturados mais por acidente do que naturalmente: de modo que poderia acontecer que eles se separassem sem violência e que eles retornassem por si mesmos à sua simplicidade primitiva; pois a mistura natural de dois corpos é quando sua separação os faz a ambos mudar de nome e de natureza, como aquela de todos os metais e de todas as misturas: pois, quando se retirou do ouro o mercúrio que entra em sua composição, aquilo que resta não é mais ouro. Mas, na mistura que o padre Noël nos apresenta, não se vê senão uma confusão violenta de alguns vapores esparsos no meio do ar, que aí se sustentam como a poeira, sem que pareça que eles entram na composição do próprio ar; e a mesma coisa nas outras misturas. E em relação à da água e do ar, que ele considera como melhor demonstrada e que diz provar peremptoriamente por esses sopradores que são feitos por meio da queda da água em uma câmara fechada quase em todos os lados e que vós vedes explicados ao longo de sua carta: é estranho que esse padre não tenha percebido que esse ar que ele diz sair da água não é outra coisa senão o ar exterior que é transportado junto com a água que cai e que tem uma facilidade completa de entrar pela mesma abertura, pois ela é maior do que aquela por onde a água se escoa: tanto é assim que a água que se separa ao cair por essa abertura, carrega consigo todo ar que encontra e que a envolve, do qual impede a saída pela violência de sua queda e pela impressão de seu movimento; de modo que o ar que entra continuamente nessa abertura, sem poder jamais sair, foge com violência por aquela que encontra livre; e como isso é o úni-

co modo pelo qual ele prova a mistura da água e do ar e como ela não o mostra de modo nenhum, vê-se que ele não a prova de nenhuma maneira.

A mistura que ele menos prova e da qual ele cuida mais é a do fogo com os outros elementos; pois tudo o que se pode concluir da experiência do lenço e do gato é que algumas de suas partes mais gordurosas e mais oleosas se inflamam pela fricção estando já dispostas a isso pelo calor. Em seguida, ele nos declara que seu sentimento é que nosso espaço está cheio dessa matéria ígnea, dilatada e misturada, como ele supõe sem provas, entre todos os elementos e estendido em todo universo. Eis a matéria que ele coloca num tubo; e, quanto à suspensão do líquido, ele a atribui ao peso do ar exterior. Fiquei maravilhado de ver nisso que ele partilhasse do sentimento daqueles que examinaram essas experiências com a maior penetração; pois vós sabeis que a carta do grande Torricelli, escrita ao senhor Ricchy a mais de quatro anos, mostra que ele estava desde o início com esse pensamento e que todos os sábios concordaram com isso e o confirmam cada vez mais. Aguardamos enquanto isso a confirmação de experiências que devem ser feitas em uma de nossas altas montanhas; mas espero recebê-la dentro de pouco tempo, pois, de acordo com as cartas que escrevi há mais de seis meses, sempre me informaram que as neves tornam seus cumes inacessíveis[53].

Eis portanto qual é a segunda; e embora pareça que existe pouca diferença entre essa matéria e aquela que ele colocava em sua primeira carta, ela é no entanto maior do que parece e eis em quê.

Em seu primeiro pensamento, a natureza detestava o vazio e fazia sentir seu horror; na segunda, a natureza não indica nenhum sinal de horror que ela tenha pelo vazio e não faz nada para evitá-lo. Na primeira, ele estabelece uma aderência mútua a todos os corpos da natureza; na segunda, ele retira toda essa aderência e todo esse desejo de união. Na primeira ele dá uma faculdade atrativa a essa matéria sutil e a todos os outros corpos; na segunda, ele abole toda essa atração ativa e passiva. Enfim, ele lhe dá muitas propriedades na sua primeira, que retira na segunda; no entanto, se existem graus para chegar ao nada, ela é agora mais próxima e parece que não há nada a não ser algum resto de preocupação que o impede de cair ali.

Mais eu gostaria de saber desse padre de onde lhe vem essa ascendência sobre a natureza e esse domínio que ele exerce tão absolutamente sobre os elementos que lhe servem com tanta dependência, que eles mudam de propriedade à medida que ele muda de pensamentos e que o universo acomoda seus efeitos à inconstância de suas intenções. Não compreendo que cegueira pode ser à prova dessa luz e como se pode dar algum crédito a coisas que se faz nascer e que se destrói com tamanha facilidade.

Mas a maior diferença que encontro entre essas duas opiniões é que o padre Noël assegurava afirmativamente a verdade da primeira e que ele propõe a segunda como um simples pensamento. Foi isso que a minha primeira carta conseguiu dele e o principal

---

[53] Pascal parece se referir à experiência do Puy-de-Dôme, que é o tema do próximo texto traduzido ("Descrição da grande experiência do equilíbrio dos líquidos"). No entanto, se aquela experiência foi proposta por Pascal em carta datada de 15 de novembro de 1647, conforme o texto da "Descrição", então esta carta a Le Pailleur não poderia ser anterior a 15 de maio de 1648, contrariando a data atribuída pelos editores. Pode ser, no entanto, que Pascal esteja exagerando o tempo já decorrido desde sua proposta da experiência do Puy-de-Dôme.

efeito que teve sobre seu espírito: assim como respondi à sua primeira opinião que eu não acreditava que ela possuísse as condições necessárias para ser uma coisa segura, direi sobre a segunda que, já que ele não a fornece senão como pensamento e que não tem nem a razão nem os sentidos como testemunhos da matéria que estabelece, deixo-o em seu sentimento assim como deixo em seu sentimento aqueles que pensam que existem habitantes na Lua e que nas terras polares inacessíveis encontram-se homens completamente diferentes dos outros.

Assim, senhor, vede que o padre Noël coloca no tubo uma matéria sutil que se espalha por todo o universo e que ele dá ao ar exterior a força de sustentar o líquido suspenso. Daí é fácil ver que esse pensamento não é de modo nenhum diferente daquele do senhor Descartes, pois ele concorda com a causa da suspensão do mercúrio, e também com a matéria que preenche esse espaço, como se vê por seus próprios termos na página 6 onde ele diz que essa matéria, que ele chama de *ar sutil*, é a mesma que aquela que o senhor Descartes chama de *matéria sutil*. É por isso que eu acreditei ser menos obrigado a lhe responder, pois devo dar essa resposta àquele que é o inventor dessa opinião.

Enquanto escrevia essas últimas linhas, o padre Noël me fez a honra de enviar-me seu livro sobre um outro assunto, que ele intitula *Le plein du vuide*; e encarregou àquele que se deu ao trabalho de trazer-mo de assegurar-me que lá nada havia contra mim e que todas as palavras que pareciam amargas não se dirigiam a mim mas ao reverendíssimo padre Valerianus Magnus, capuchinho. E a razão que ele me deu é que esse padre sustenta afirmativamente o vazio enquanto eu apenas me oponho àqueles que decidem sobre esse assunto. Mas o padre Noël teria me aliviado mais se tivesse tornado esse testemunho tão público quanto a suspeita que proporcionou.

Percorri esse livro e encontrei que ele aí adota um novo pensamento e que coloca em nosso tubo uma matéria próxima da primeira; mas que atribui a suspensão do mercúrio a uma qualidade que ele lhe dá, que denomina *leveza movente* e não ao peso do ar exterior como fazia na sua carta.

E para fazer sucintamente um pequeno exame do livro, o título promete inicialmente a demonstração do cheio por novas experiências e sua confirmação pelas minhas. No início do livro, ele se coloca como defensor da natureza e por uma alegoria talvez um pouco exageradamente continuada, representa o processo no qual a faz se queixar da opinião do vazio, como de uma calúnia; e sem que ela lhe tenha testemunhado seu ressentimento, nem que ela lhe tenha dado a tarefa de defendê-la, desempenha a função de seu advogado. E nessa qualidade, assegura mostrar o embuste e os falsos depoimentos dos testemunhos com os quais ele se defronta — é assim que chama nossas experiências — e promete dar testemunho contra testemunho, quer dizer, experiência contra experiência e demonstrar que as nossas foram mal reconhecidas e ainda pior averiguadas. Mas no corpo do livro, quando se trata de cumprir essas grandes promessas, ele não fala mais a não ser duvidando; e depois de fazer esperar uma tão alta vingança, ele não proporciona senão conjeturas ao invés de convicções. Pois, no terceiro capítulo, onde quer estabelecer que é um corpo, diz simplesmente que acha muito mais razoável dizer que é um corpo. Quando se trata de mostrar a mistura dos elementos, não acrescenta senão coisas muito fracas àquelas que havia dito na sua carta. Quando se trata de mostrar que o mundo está cheio, não fornece nenhuma prova; e sobre essas vãs aparên-

cias, estabelece seu *éter* imperceptível a todos os sentidos, com a leveza imaginária que ele lhe dá.

O estranho, é que depois de haver proporcionado dúvidas, para apoiar seu sentimento, ele o confirma por experiências falsas; ele as propõe no entanto com uma ousadia tal que seriam recebidas como verdadeiras por todos aqueles que não viram o contrário; pois ele diz que os olhos o fazem ver; que tudo aquilo não se pode negar; que se vê com os olhos, embora os olhos nos façam ver o contrário. Assim, é evidente que ele não viu nenhuma das experiências das quais fala; e é estranho que ele tenha falado com tanta segurança de coisas que ignorava e das quais fez um relatório tão pouco fiel. Pois desejo crer que ele tenha se enganado e não que tenha desejado enganar os outros; e a estima que tenho por ele me faz julgar preferivelmente que ele foi muito mais crédulo do que pouco sincero: e, certamente, ele tem motivo de se queixar daqueles que lhe disseram que um fole cheio desse vazio aparente, sendo destampado e fechado rapidamente, empurra para fora uma matéria tão sensível quando o ar;[54] e que quando um tubo cheio de mercúrio e desse mesmo vazio é invertido, o mercúrio cai tão lentamente nesse vazio quanto no ar e que esse vazio retarda seu movimento natural tanto quanto o ar; e enfim, muitas outras coisas que relata; pois asseguro, ao contrário, que o ar aí entra e que o mercúrio cai nesse vazio com um ímpeto extremo, etc[55].

Finalmente, para vos fazer ver que o padre Noël não entende as experiências de meu impresso, peço-vos notar esse trecho aqui entre outros: eu disse nas minhas primeiras experiências que ele descreve, "que uma seringa de vidro com um pistão bem ajustado, mergulhada completamente na água, cuja abertura é fechada com um dedo, de modo que ele toque a parte de baixo do pistão, colocando para isso a mão e o braço dentro da água, não é preciso senão uma força medíocre para puxá-lo e fazer que ele se separe do dedo sem que a água aí entre de forma nenhuma, o que os filósofos acreditaram não poder ser feito com nenhuma força finita; e, assim, o dedo se sente puxado dolorosamente e o pistão deixa um espaço aparentemente vazio, onde não parece que possa ter entrado nenhum corpo, pois ele está totalmente cercado pela água que não pode aí ter acesso, já que a abertura está fechada; e quando se puxa mais o pistão, o espaço aparentemente vazio se torna maior, mas o dedo não sente uma maior atração". Ele acreditou que essas palavras *não sente mais atração* possuem o mesmo significado que essas *não sente mais nenhuma atração*; enquanto que, seguindo todas as regras da gramática, significam que o dedo não sente uma atração maior. E como ele não conhece as experiências senão pelo escrito, pensou que de fato o dedo não sentia mais nenhuma atração,

---

[54] É extremamente plausível que se tivesse observado o que Noël descreve. De fato, se um fole *comum* for aberto, com seus orifícios tapados, entrará um pouco de ar por suas frestas, pelos poros de couro e da madeira de que é construído, etc. Assim, quando ele for fechado rapidamente, deverá sair um jato de ar. Pascal está portanto fazendo acusações indevidas ao afirmar que o padre Noël não poderia ter observado esses fatos.

[55] O tempo de queda do mercúrio no vazio aparente é aproximadamente igual ao tempo de queda do mercúrio no ar ambiente; é sensivelmente diferente de seu tempo de queda no tubo cheio de ar, porque o ar, nesse caso, precisa atravessar todo o mercúrio. Mas, para a argumentação de Noël, bastava saber que a queda do mercúrio no vazio aparente não é instantânea e que é semelhante à rapidez de queda no ar ambiente.

o que é absolutamente falso, pois a sente sempre igual. Mas a hipótese desse padre se acomoda tão bem que ele demonstrou, por uma seqüência necessária de seus princípios, porque o dedo não sente mais nenhuma atração, embora isso seja absolutamente falso. Creio que ele poderá tão facilmente proporcionar a razão do contrário pelos mesmos princípios. Mas eu não sei que valor as pessoas judiciosas farão dessa forma de demonstrar pela qual ele prova com a mesma força a afirmativa e a negativa de uma mesma proposição.

Vede por aí, senhor, que o padre Noël apóia essa matéria invisível sobre experiências falsas, para explicar outras que ele entendeu erroneamente. Era até justo que ele se servisse de uma matéria que não se pode ver e que não se pode compreender, para responder a experiências que não viu e que não compreendeu. Quando ele for melhor informado, não duvido que mude de pensamento e sobretudo em relação à sua leveza movente; é por isso que deve ser enviada a resposta desse livro quando esse padre o tiver corrigido e quando ele tiver reconhecido a falsidade dos fatos e a impostura dos testemunhos que opõe e quando não estiver mais realizando o julgamento da opinião do vazio baseado em experiências mal reconhecidas e ainda pior descritas.

Ao escrever essas palavras, acabo de receber um bilhete impresso desse padre, que inverte a maior parte de seu livro: ele revoga a leveza movente do *éter*, invocando o peso do ar exterior para sustentar o mercúrio. De modo que encontro ser muito difícil refutar os pensamentos desse padre, já que ele é o primeiro a mudá-los rapidamente, antes que se possa responder-lhe; e começo a ver que sua forma de agir é bem diferente da minha, pois produz suas opiniões à medida que as concebe; mas suas próprias contradições são suficientes para mostrar a sua falta de solidez, pois o poder com que dispõe dessa matéria testemunha também que ele é seu autor e portanto que ela existe apenas em sua imaginação.

Todos aqueles que combatem a verdade estão sujeitos a uma semelhante inconstância de pensamentos e aqueles que caem nessa variedade são suspeitos de contradizê-la. Também é estranho ver, entre aqueles que sustentam a plenitude, o grande número de opiniões diferentes que se entrechocam: um mantém o *éter*, excluindo toda outra matéria; outro, os espíritos do líquido, com prejuízo do *éter*; outro, o ar encerrado nos poros dos corpos e expulsa todas as outras coisas; outro, o ar rarefeito e vazio de todo outro corpo. Enfim, encontram-se uns que, não tendo ousado aí colocar a imensidade de Deus, escolhem entre os homens uma pessoa bastante ilustre por seu nascimento e por seu mérito, para aí colocar seu espírito e fazê-lo preencher todas as coisas[56]. Assim, cada um deles tem todos os outros como inimigos; e como todos conspiram pela ruína de um só, ele necessariamente sucumbe. Mas, como eles não triunfam senão uns sobre os outros, são todos vitoriosos, sem que um só possa prevalecer de sua vitória, pois toda essa vantagem nasce de sua própria confusão. De modo que não é necessário combatê-los para arruiná-los, basta abandoná-los a si próprios, pois compõem um corpo dividido, cujos membros contrários uns aos outros se combatem internamente, enquanto que aqueles que favorecem o vazio permanecem em uma unidade sempre igual a si mesma,

---

[56]Pascal está aqui ironizando os elogios que o padre Noël faz ao príncipe de Conti, na dedicatória que lhe faz no *Le plein du vide*.

que, desse modo, tem tanto mais relação com a verdade que ela deve ser seguida, até que seja descoberta. Pois não é através desse embaraço e desse tumulto que se deve procurá-la; e não se pode encontrá-la fora dessa máxima que não permite senão decidir coisas evidentes e que impede de assegurar ou negar aquelas que não o são. É esse meio justo e essa temperança perfeita na qual vós vos manteis com tanta vantagem e onde, por uma felicidade que não posso reconhecer suficientemente, fui sempre elevado através de um método singular e com cuidados mais do que paternais.

Eis, senhor, quais são as razões que me detiveram, que não acreditei dever esconder-vos mais; e, embora pareça que eu forneço isso mais por meu interesse do que por vossa curiosidade, espero que essa dúvida não chegue até vós, pois sabeis que me inquieto muito menos com esses fantásticos pontos de honra do que pela paixão de vos satisfazer e que encontro muito menos alegria em defender meus sentimentos do que em assegurar-vos que sou de todo meu coração,

Senhor,

vosso muito humilde e muito obediente servidor.

Pascal.

DESCRIÇÃO DA GRANDE EXPERIÊNCIA DO EQUILÍBRIO DOS LÍQUIDOS[57]
PROJETADA PELO SENHOR B.P.
PARA O COMPLEMENTO DO TRATADO QUE ELE PROMETEU EM SEU RESUMO SOBRE O VAZIO E FEITA PELO SENHOR F.P.[58] EM UMA DAS MONTANHAS MAIS ELEVADAS DE AUVERGNE.

Quando apresentei o meu resumo sob o título: *Novas experiências sobre o vazio*, etc., onde empreguei a máxima do horror ao vazio, pois ela era universalmente aceita e eu ainda não tinha provas convincentes do contrário, restavam-me algumas dificuldades, que me fizeram desconfiar muito da verdade dessa máxima para cujo esclarecimento meditei então a experiência que será aqui descrita, que me poderia dar o conhecimento perfeito daquilo em que eu devia crer[59]. Denominei-a *A grande experiência do equilíbrio dos líquidos*, pois é a mais demonstrativa de todas as que podem ser feitas sobre esse assunto, pois ela faz observar o equilíbrio do ar com o mercúrio, que são, um o mais leve e o outro o mais pesado de todos os líquidos conhecidos na natureza. Mas sendo impossível fazê-la na cidade de Paris, não havendo senão poucos lugares na França próprios para o estudo desse efeito e sendo a cidade de Clermont em Auvergne uma das mais cômodas, solicitei ao Senhor Périer, conselheiro na Corte de Ajuda de Auvergne, meu cunhado, dar-se ao trabalho de fazê-la. Ver-se-á quais foram minhas dificuldades e qual é essa experiência, pela carta que então lhe enviei.

---

[57] Título do original: *Récit de la grande expérience de l'équilibre des liqueurs. Projectée par le sieur B.P. Pour l'accomplissement du Traicté qu'il a promis dans son abbregé touchant le vuide. Et faite par le sieur F.P. en vne des plus hautes Montagnes d'Auuergne*. Paris, Charles Savreux, 1648. Trata-se de um folheto com 20 páginas, dos quais restam poucos exemplares. Há fortes suspeitas de que Pascal forjou posteriormente esse opúsculo, para garantir sua prioridade (ver a primeira parte deste volume).

A tradução foi feita a partir da edição de Brunschvicg; porém, as várias partes do texto foram *separadas* por Brunschvicg como elementos autônomos: uma carta de Pascal a Périer; uma carta de Périer a Pascal; um relatório de Périer; e o texto central da publicação de Pascal. Esse desmembramento não tem qualquer validade documental, pois todas essas partes só são conhecidas, como um conjunto, a partir do texto impresso. A ordem natural do texto é mantida, por exemplo, na edição de Chevalier (pp. 392-401), assim como na de Bossut (vol. 4, pp. 345-69).

[58] "F.P." é Florin Périer, cunhado de Pascal. Além de realizar o experimento do Puy de Dôme, Périer realizou posteriormente estudos a respeito da influência do clima (seco, úmido, quente, frio) na altura barométrica. Ver a edição de Brunschvicg das *Obras* de Pascal, vol. 2, pp. 439-46.

[59] Como foi discutido na primeira parte deste volume, a sugestão de realização desse experimento parece ter sido devida a Descartes. Não há evidências de que Pascal aceitasse a idéia da pressão atmosférica quando escreveu o "Novas experiências"; e o presente experimento produziu um efeito muito menor do que Pascal esperava.

CÓPIA DA CARTA DO SENHOR PASCAL, O JOVEM, AO SENHOR PÉRIER, DE 15 DE NOVEMBRO DE 1647[60]

Senhor,

Eu não interromperia o trabalho contínuo no qual vós estais empenhado para vos entreter com meditações físicas se não soubesse que elas servirão para descansá-lo em vossas horas de lazer e enquanto que outros seriam atrapalhados por elas, vós vos divertireis. Sinto pouca dificuldade nisso, pois sei o prazer que tendes nesse tipo de entretenimento. Essa não será senão uma continuação daquelas que fizemos juntos com relação ao vazio. Sabeis qual é o sentimento dos filósofos sobre esse assunto: todos adotaram como máxima que a natureza tem horror ao vazio; e quase todos, indo mais adiante, sustentaram que ela não pode aceitá-lo e que ela preferiria destruir-se a si mesma do que aceitá-lo. Assim as opiniões se dividiram; uns se contentaram em dizer que ela tinha apenas horror, outros mantiveram que ela não poderia aceitá-lo. Trabalhei, em meu *Resumo do tratado do vazio*, para destruir essa última opinião e creio que as experiências que lá relatei são suficientes para fazer ver claramente que a natureza pode aceitar de fato um espaço, tão grande quanto se queira, vazio de todas as matérias por nós conhecidas e que são perceptíveis a nossos sentidos. Trabalho atualmente examinando a verdade da primeira e procurando experiências que façam ver se os efeitos que são atribuídos ao horror ao vazio devem ser realmente atribuídos a esse horror ao vazio, ou se devem sê-lo ao peso e pressão do ar; pois, para mostrar claramente meu pensamento, tenho dificuldade em acreditar que a natureza que não é animada, nem sensível, seja capaz de sentir horror, pois as paixões pressupõem uma alma capaz de senti-las e inclino-me mais a atribuir todos esses efeitos ao peso e à pressão do ar, pois não os considero senão casos particulares de uma proposição universal do equilíbrio dos líquidos, que deve tomar a maior parte do tratado que prometo. Não é que eu não tivesse esses mesmos pensamentos quando produzi o meu resumo; e, no entanto, à falta de experiências convincentes, eu não ousava então (e não ouso ainda) afastar-me da máxima do horror ao vazio e eu próprio empreguei essa máxima em meu resumo: não tendo então outro propósito senão de combater a opinião daqueles que sustentavam que o vazio é absolutamente impossível e que a natureza preferiria sofrer destruição do que aceitar o menor espaço vazio. De fato, não considero que nos seja permitido afastar-nos a não ser das máximas que recebemos da antigüidade por pouco que seja se formos obrigados a isso por provas indubitáveis e invencíveis. Mas nesse caso considero que seria uma extrema fraqueza ter o menor escrúpulo e que enfim devemos ter maior veneração pelas verdades evidentes do que obstinação pelas opiniões recebidas. Eu não teria um meio melhor para vos testemunhar a circunspecção que sempre trago antes de me afastar das antigas máximas, do que lembrar-vos a experiência que fiz esses dias atrás em vossa presença com dois tubos um dentro do outro que mostra aparentemente o vazio dentro do vazio[61]. Vós vistes que o mercúrio do tubo interior permanecia suspenso à altura

[60] Um dos motivos pelos quais se pode suspeitar que essa carta foi forjada por Pascal é que Périer esteve pouco antes desta data com Pascal; e que o estilo da carta é estranho, dado esse fato.

[61] De acordo com vários historiadores, foi uma "experiência do vazio no vazio" realizada por Roberval em 1648 que convenceu a maior parte das pessoas a respeito do papel da pressão atmos-

na qual se mantém pela experiência ordinária, quando era contrabalançado e pressionado pelo peso da massa inteira do ar e que, ao contrário, ele cai completamente sem que lhe reste altura nem suspensão, quando, por meio do vazio do qual ele foi cercado, ele não é mais pressionado nem contrabalançado por nenhum ar, tendo ele sido retirado de todos os lados. Vós vistes em seguida que essa altura ou suspensão do mercúrio aumentava ou diminuía à medida que a pressão do ar aumentava ou diminuía e que enfim todas essas diversas alturas ou suspensões do mercúrio, encontravam-se sempre proporcionais à pressão do ar[62].

Certamente, depois dessa experiência, poderíamos ser persuadidos de que não é o horror do vácuo, como o supomos, que causa suspensão do mercúrio na experiência ordinária, mas apenas o peso e pressão do ar que contrabalança o peso do mercúrio. Mas, já que todos os efeitos dessa última experiência de dois tubos, que se explicam tão naturalmente apenas pela pressão e peso do ar, podem ainda ser explicados de forma igualmente provável pelo horror do vazio, mantenho-me nessa antiga máxima, estando no entanto resolvido a procurar o total esclarecimento dessa dificuldade por uma experiência decisiva. Imaginei uma que sozinha poderá ser suficiente para nos proporcionar a luz que procuramos, se ela puder ser executada de modo correto. É de fazer a experiência ordinária do vazio várias vezes no mesmo dia, em um mesmo tubo, com o mesmo mercúrio, tanto na base quanto no topo de uma montanha, que tenha altura de pelo menos 500 ou 600 toesas, para verificar se a altura do mercúrio suspenso no tubo se encontrará semelhante ou diferente nessas duas situações. Vedes já, sem dúvida, que essa experiência é decisiva da questão e que, se ocorrer que a altura do mercúrio é menor no alto do que embaixo da montanha (como tenho muitas razões para crer, embora todos os que meditaram sobre esse assunto sejam contrários a esse sentimento), seguir-se-á necessariamente que o peso e pressão do ar são a única causa dessa suspensão do mercúrio e não o horror ao vácuo, pois é bem certo que existe muito mais ar que pesa sobre o pé da montanha do que em seu cume; no entanto não se poderia dizer que a natureza no pé da montanha tem maior horror ao vazio do que em seu topo[63].

Mas como ordinariamente a dificuldade se encontra unida às grandes coisas, vejo muitas na execução desse projeto, pois é preciso para isso escolher uma montanha excessivamente alta, próxima de uma cidade na qual se encontre uma pessoa capaz de dar

---

férica. Se a carta de Pascal é autêntica, então ele já havia realizado essa experiência muito antes; mas não a divulgou. Dada a personalidade de Pascal e sua preocupação com prioridades, é difícil entender esse seu comportamento.

[62] Na experiência do vazio no vazio (ver primeira parte deste volume) é possível apenas *aumentar* (e não diminuir) a pressão do ar; e não é possível *medir* essa pressão (é um experimento qualitativo). Não se poderia, portanto, dizer que a altura da coluna de mercúrio é *proporcional* à pressão do ar.

[63] A experiência não é decisiva, é claro. Um defensor do "horror ao vácuo" poderia dizer que o ar no alto da montanha é mais rarefeito e que portanto está "esticado", tendendo a reduzir seu volume; por isso, embora o mercúrio seja puxado pelo vácuo, é também puxado pelo ar distendido, subindo menos por esse motivo. Pascal tem uma visão ingênua sobre experimentos decisivos ou cruciais, como Bacon.

a esse teste toda a exatidão necessária. Pois, se a montanha estiver afastada, será difícil aí levar os recipientes, mercúrio, os tubos e muitas outras coisas necessárias, realizar essas viagens penosas tantas vezes quanto for preciso, para encontrar no alto das montanhas o tempo sereno e cômodo, que não ocorre a não ser às vezes. E como é igualmente raro tanto encontrar pessoas fora de Paris que tenham essas qualidades quanto lugares que tenham essas condições, considerei-me feliz de ter, nessa ocasião, encontrado a ambos, pois nossa vila de Clermont está ao pé da grande montanha do Puy de Dôme e espero que por vossa bondade vós me dareis a graça de desejar fazer vós mesmos essa experiência; estando certo disso, deixei todos os curiosos de Paris na expectativa, entre eles o reverendíssimo padre Mersenne, que já se comprometeu através de cartas escritas para a Itália, a Polônia, a Suécia, Holanda, etc., de participá-la aos amigos que ele adquiriu por seus méritos[64]. Não descrevo os modos de executá-la, pois sei bem que vós não omitireis nenhuma das circunstâncias necessárias para fazê-la com precisão.

Rogo-vos apenas que seja feito o mais depressa possível e que perdoeis essa liberdade à qual sou obrigado pela impaciência que tenho em informar o seu sucesso, sem o qual não poderia dar os últimos retoques ao tratado que prometi ao público, nem satisfazer o desejo de tantas pessoas que o aguardam e que vos serão infinitamente gratas. Não é que eu queira diminuir meu reconhecimento pelo número daqueles que o partilharão comigo, pois desejo, ao contrário, tomar parte daquele que eles vos terão e permanecer ainda mais,

Senhor,
vosso muito humilde e muito obediente servidor,
Pascal.
De Paris, 15 de novembro de 1647.

O Senhor Périer recebeu essa carta em Moulins onde estava em uma tarefa que não lhe dava a liberdade de dispor de si mesmo; de modo que, por maior que fosse o seu desejo de fazer rapidamente essa experiência, não o pôde senão mais tarde, no mês de setembro último.

Vós vereis a razão desse retardo, a descrição dessa experiência e a precisão a ela dada pela carta seguinte que ele me fez a honra de escrever.

CARTA DO SENHOR PÉRIER AO SENHOR PASCAL, O JOVEM

De 22 de setembro de 1648.

Senhor,

Enfim fiz a experiência que esperais a tanto tempo. Eu vos teria dado essa satisfação mais cedo; no entanto, fui impedido, tanto pelas tarefas que tive em Bourbonnais, quanto por causa de que, pelas neves ou neblinas que, desde a minha chegada, cobriram tanto a montanha do Puy de Dôme onde eu deveria fazê-la, que, mesmo nessa estação que é a mais bela do ano, tive dificuldade em encontrar um dia no qual se pudesse ver o cume dessa montanha, que se encontra ordinariamente dentro das nuvens e às vezes acima, embora ao mesmo tempo fizesse um bom tempo no campo: de modo que não fui capaz de reunir minha comodidade com a da estação antes do dia 19 desse mês. Mas a

[64] A vasta correspondência de Mersenne não confirma esta afirmação de Pascal. Mersenne jamais fala sobre a experiência de Pascal — nem antes, nem depois de sua realização. Na verdade, nenhuma obra ou correspondência conhecida da época se refere ao experimento de Puy-de-Dôme. Aparentemente, o teste só se tornou conhecido alguns anos depois.

felicidade com a qual a fiz nesse dia me consolou plenamente do pequeno desprazer que me haviam dado tantos atrasos, que não fui capaz de evitar.

Forneço-vos aqui uma descrição ampla e fiel, onde vereis a precisão e os cuidados que lhe dei, aos quais considerei adequado reunir também a presença de pessoas tão sábias quanto acima de qualquer crítica, a fim de que a sinceridade de seu testemunho não deixasse nenhuma dúvida da certeza da experiência.

Relatório da experiência feita pelo Senhor Périer

O dia de sábado último, dia 19 desse mês, foi bastante inconstante; no entanto, como o tempo parecia bastante belo às cinco horas da manhã e o cume do Puy de Dôme se mostrava descoberto, resolvi ir até lá para fazer a experiência. Para isso, avisei a várias pessoas de boa condição dessa cidade de Clermont, que me haviam solicitado avisá-las sobre o dia em que eu lá iria, das quais algumas são eclesiáticos e outras leigos: entre os eclesiáticos estavam o muito reverendo padre Bannier, um dos padres mínimos dessa cidade, que várias vezes foi corregedor, quer dizer superior, e o Senhor Mosnier, cônego da igreja catedral dessa cidade; e, entre os leigos, os Senhores la Ville e Begon, conselheiros na corte das Ajudas e o Senhor La Porte, doutor em medicina que a pratica aqui, todas pessoas muito capazes, não apenas em suas profissões, mas também em todos os belos conhecimentos, com os quais fiquei maravilhado de executar esse belo trabalho. Nos fomos portanto nesse dia, todos juntos, às oito horas da manhã, ao jardim dos Padres Mínimos, que é quase o lugar mais baixo da cidade, onde a experiência foi iniciada da maneira seguinte.

Primeiramente, despejei em um recipiente dezesseis libras de mercúrio, que eu havia retificado durante os três dias precedentes; e tendo tomado dois tubos de vidro de grossuras semelhantes e cada um com comprimento de quatro pés, selados hermeticamente em uma extremidade e abertos na outra, fiz, em cada um deles, a experiência ordinária do vazio nesse mesmo recipiente e, tendo aproximado e reunido os dois tubos um contra o outro, sem tirá-los para fora de seu recipiente, observou-se que o mercúrio que havia permanecido em cada um deles estava no mesmo nível e que havia em cada um deles, acima da superfície do vaso, 26 polegadas e 3,5 linhas. Refiz essa mesma experiência nesse mesmo lugar, com os dois mesmos tubos, com o mesmo mercúrio e no mesmo recipiente duas outras vezes, encontrando-se sempre que o mercúrio dos dois tubos ficava no mesmo nível e à mesma altura que na primeira vez.

Isso feito, deixei na residência um desses dois tubos em seu recipiente em uma experiência contínua. Marquei no vidro a altura do mercúrio e, tendo deixado esse tubo no mesmo lugar, solicitei ao reverendo padre Chastin, um dos religiosos da casa, homem tão piedoso quanto capaz e que raciocina muito bem nesses assuntos, de ter o trabalho de aí observar, de momento em momento, durante todo o dia, se ocorreria alguma mudança. E com o outro tubo e uma parte desse mesmo mercúrio, fui, com todos esses senhores, fazer as mesmas experiências no alto do Puy de Dôme, que está quinhentas toesas[65] aproximadamente acima dos Mínimos, onde se encontrou que não restava mais no tubo senão a altura de 23 polegadas e 2 linhas de mercúrio, ao invés que nos Mínimos havia-se encontrado, nesse mesmo tubo, a altura de 26 polegadas e 3,5 linhas; e, assim, entre as alturas do mercúrio dessas duas experiências, existe uma diferença de 3 polegadas, 1,5 linha: o que nos maravilhou com admiração e espanto e nos surpre-

[65] Uma toesa corresponde a 6 pés (1,949 m). Trata-se, portanto, de uma altura de cerca de 1.000 metros.

endeu de tal forma que, para nos satisfazermos totalmente, quisemos repeti-la. É por isso que eu a fiz ainda cinco outras vezes muito exatamente, em diferentes lugares do topo da montanha, tanto em um lugar coberto dentro da pequena capela que lá existe, quanto a descoberto, tanto ao abrigo quanto ao vento, tanto no bom tempo quanto durante a chuva e a neblina que nos envolviam às vezes, tendo em cada vez expurgado cuidadosamente de ar o tubo; sempre se encontrou a mesma altura do mercúrio de 23 polegadas e 2 linhas, que são 3 polegadas 1,5 linha de diferença em relação a 26 polegadas e 3,5 linhas que haviam sido encontradas nos Mínimos. Isso nos satisfez plenamente[66].

Depois, descendo a montanha, refiz no caminho a mesma experiência, sempre com o mesmo tubo, o mesmo mercúrio e o mesmo vaso, em um lugar chamado *A Fonte da Árvore*, bastante acima dos Mínimos, mas bastante abaixo do cume da montanha; e lá encontrei que a altura do mercúrio que permanecia no tubo era de 25 polegadas. Eu a refiz uma segunda vez nesse mesmo lugar e o acima citado Senhor Mosnier teve a curiosidade de fazê-la ele mesmo: ele a fez portanto nesse mesmo lugar e encontrou-se sempre a mesma altura de 25 polegadas, que é menos do que aquilo que se encontrou nos Mínimos por 1 polegada e 3,5 linhas e maior do que aquela que tínhamos acabado de encontrar no alto do Puy de Domme de 1 polegada 10,5 linhas, o que aumentou bastante nossa satisfação, vendo a altura do mercúrio diminuir de acordo com a altura dos lugares.

Enfim, tendo retornado aos Mínimos, aí encontrei o recipiente que havia deixado em experiência contínua, na mesma altura na qual o havia deixado, de 26 polegadas e 3,5 linhas; o reverendo padre Chastin, que havia aí permanecido para observá-la, nos relatou que essa altura não tinha sofrido nenhuma mudança durante todo o dia, embora o tempo tenha sido bastante inconstante, às vezes sereno, às vezes chuvoso, às vezes cheio de névoa e às vezes ventoso[67].

Aí refiz a experiência com o tubo que havia levado ao Puy de Dôme e no vaso onde estava o tubo em experiência contínua; encontrei que o mercúrio estava no mesmo nível, nesses dois tubos, e à altura de 26 polegadas, 3,5 linhas, como havia sido encontrado de manhã nesse mesmo tubo e como havia sido observado constantemente durante todo o dia no tubo em experiência contínua.

Eu a repeti ainda pela última vez, não apenas no mesmo tubo que havia levado sobre o Puy de Dôme mas ainda com o mesmo mercúrio e no mesmo recipiente que havia levado e encontrei sempre que o mercúrio ficava à mesma altura de 26 polegadas, 3,5 linhas, que havia sido encontrada de manhã. E isso nos manteve na certeza da experiência.

---

[66] Uma 'linha'' corresponde a 1/12 de polegada; e vale, portanto, cerca de 2,1 mm.

Pascal não faz nenhuma previsão quantitativa antes do experimento. Era fácil, no entanto, fazer uma previsão. Se o ar é 770 vezes menos denso do que a água (ou outro valor qualquer) e se o mercúrio é 13,6 vezes mais denso do que esta, então o mercúrio é cerca de 10.500 vezes mais denso do que o ar. Como as colunas de ar e de mercúrio se equilibram, para que haja uma redução de 1 cm na altura da coluna de mercúrio deve haver uma redução de 10.500 cm (105 m) na altura da coluna de ar, ou seja, deve-se subir 105 m. Se a densidade de ar fosse constante, subindo-se 1050 m (aproximadamente a altura da montanha), o mercúrio deveria descer cerca de 10 cm. A diferença observada por Périer foi de 8 cm.

[67] Dificilmente a altura da coluna barométrica permanece constante ao longo do dia, com alterações climáticas. Pode-se duvidar que o reverendo padre Chastin tenha sido suficientemente cuidadoso em suas observações.

No dia seguinte o reverendíssimo padre de la Mare, padre do oratório e teólogo da igreja catedral que havia estado presente ao que havia se passado na manhã do dia precedente nos jardins dos Mínimos, e a quem eu havia descrito aquilo que havia acontecido no Puy de Dôme, me propôs fazer a mesma experiência ao pé e no alto da mais alta das torres da Notre-Dame de Clermont, para verificar se ocorreria uma diferença. Para satisfazer a curiosidade de um homem de tão grande mérito e que deu a toda França provas de sua capacidade, fiz no mesmo dia a experiência ordinária do vazio, em uma casa particular que está no mais alto lugar da cidade, elevado acima dos jardins dos Mínimos de seis ou sete toesas e ao nível do pé da torre: nós lá encontramos que o mercúrio tem a altura de aproximadamente 26 polegadas e 3 linhas que é cerca de 0,5 linha menor do que aquela que havia sido encontrada nos Mínimos.

Em seguida, eu a fiz no alto da mesma torre, que está 20 toesas acima de sua base e acima dos jardins dos Mínimos cerca de 26 ou 27 toesas; aí encontrei o mercúrio à altura de cerca de 26 polegadas e 1 linha que é cerca de 2 linhas a menos do que aquela que havia sido encontrada ao pé da torre e cerca de 2,5 linhas em relação àquela que havia sido encontrada nos Mínimos[68].

De modo que, para retomar e comparar as diferentes elevações dos lugares, onde as experiências foram feitas, com as diferentes alturas do mercúrio que permaneceu nos tubos, encontra-se:

Que na experiência feita no lugar mais baixo, o mercúrio permaneceu à altura de 26 polegadas, 3,5 linhas.

Naquela que foi em um lugar com uma elevação em relação ao mais baixo de cerca de 27 toesas, o mercúrio se encontrou à altura de 26 polegadas e 1 linha.

Naquela que foi feita em um lugar elevado acima do mais baixo em cerca de 150 toesas, o mercúrio se encontrou à altura de 25 polegadas.

Naquela que foi feita em um lugar cerca de 500 toesas acima do mais baixo, o mercúrio se encontrou à altura de 23 polegadas e 2 linhas.

E, portanto, encontra-se que cerca de 7 toesas de elevação dão uma diferença na altura do mercúrio de 0,5 linha.

Cerca de 27 toesas: 2,5 linhas.

Cerca de 150 toesas: 15,5 linhas, que correspondem a 1 polegada e 3,5 linhas.

E cerca de 500 toesas: 37,5 linhas, que correspondem a 3 polegadas e 1,5 linhas.

Eis realmente tudo aquilo que aconteceu nessa experiência, da qual todos esses senhores que a assistiram vos assinarão o relatório quando assim o desejares.

De resto, tenho a vos dizer que as alturas do mercúrio foram tomadas muito exatamente; mas as dos lugares onde as experiências foram feitas, não o foram tão bem.

Se eu tivesse tido tempo e comodidade, eu as teria medido com mais precisão e até mesmo marcado lugares na montanha a cada 100 toesas, em cada um dos quais teria feito a experiência e marcado as diferenças que se tivesse encontrado na altura do mercúrio em cada uma dessas estações, para vos dar exatamente a diferença que teriam produzido as primeiras 100 toesas, aquelas que teriam dado as segundas 100 toesas e assim para as outras; o que poderia servir para elaborar uma tabela, por cuja extrapolação aqueles que quisessem se dar ao trabalho de fazê-lo poderiam talvez chegar ao perfeito conhecimento do exato tamanho do diâmetro de toda a esfera do ar.

---

[68] De acordo com a experiência da montanha, a altura de 500 toesas havia produzido uma variação de 37 linhas e meia (7,9 cm) na coluna de mercúrio. Poder-se-ia esperar que uma altura de 20 toesas produzisse um efeito de 1,5 linhas.

Não perco a esperança de vos enviar algum dia essas diferenças de 100 toesas, tanto para nossa satisfação quanto pela utilidade que o público terá por ela.

Se vos encontrardes algumas obscuridades nessa descrição, eu vo-las poderei esclarecer pessoalmente em poucos dias, já que estou para fazer uma pequena viagem a Paris, onde vos assegurarei que sou,

Senhor,

vosso muito humilde e muito afeiçoado servidor,

Périer.

De Clermont, 22 de setembro de 1648.

Como esse relatório esclareceu todas as minhas dificuldades, não escondo que fiquei muito satisfeito com ele; e tendo visto que a diferença de 20 toesas de elevação provocava uma diferença de 2 linhas na altura do mercúrio e que 6 a 7 toesas faziam cerca de 0,5 linha, o que me era fácil verificar nessa cidade, fiz a experiência ordinária do vácuo no alto e embaixo da torre Saint-Jacques-de-la-Boucherie, que tem a altura de 24 a 25 toesas: encontrei mais de 2 linhas de diferença na altura do mercúrio; em seguida, eu a fiz em uma residência particular, com a altura de 90 degraus onde se encontrou bastante sensivelmente 0,5 linha de diferença; o que se relaciona perfeitamente ao conteúdo do relatório do Senhor Périer.

Todos os curiosos poderão testá-lo eles próprios, quando lhes aprouver.

Dessa experiência se tira muitas conseqüências, como:

O modo de conhecer se dois lugares estão no mesmo nível, quer dizer, igualmente distantes do centro da terra, ou qual dos dois é o mais elevado, por mais distantes que eles estejam um do outro, até mesmo se forem antípodas; o que seria praticamente impossível por qualquer outro meio.

A pequena certeza que se tem no termômetro para indicar os graus de calor (contra o sentimento comum) já que sua água às vezes sobe quando o calor aumenta e às vezes abaixa quando o calor diminui, embora sempre o termômetro tenha permanecido no mesmo lugar.

A desigualdade da pressão do ar que, ao mesmo grau de calor, se encontra sempre mais pressionado nos lugares mais baixos.

Todas essas conseqüências, e muitas outras, tão úteis quanto curiosas, serão longamente deduzidas no *Tratado sobre o vazio*.

AO LEITOR

Meu caro leitor. A concordância universal dos povos e a multidão de filósofos concorrem para o estabelecimento desse princípio: que a natureza preferiria sofrer sua própria destruição do que aceitar o menor espaço vazio. Alguns espíritos mais elevados se posicionarão de forma um pouco mais moderada: pois, embora eles tenham acreditado que a natureza tenha horror pelo vazio, estimaram no entanto que essa repugnância tinha limites e que poderia ser superada por alguma violência; mas não se encontrou nenhuma pessoa que tenha proposto esse terceiro: que a natureza não tenha nenhuma repugnância pelo vazio, que ela não faça nenhum esforço para evitá-lo e que ela o admite sem esforço e sem resistência[69]. As experiências que vos dei no meu *resumo* destróem, de acordo com meu julgamento, o primeiro desses princípios; e não

---

[69]Essa frase reproduz quase literalmente a 3ª frase da carta de Torricelli a Ricci, de 4 anos antes (ver Apêndice 1, ao final deste volume). Provavelmente Pascal conhecia essa carta, mas talvez houvesse se esquecido dessa frase, que passou a atribuir a si próprio.

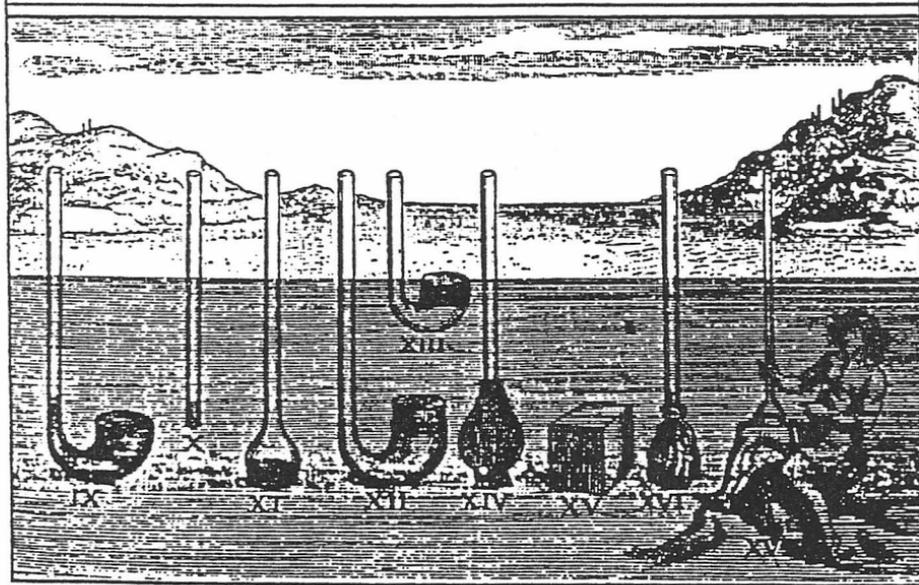
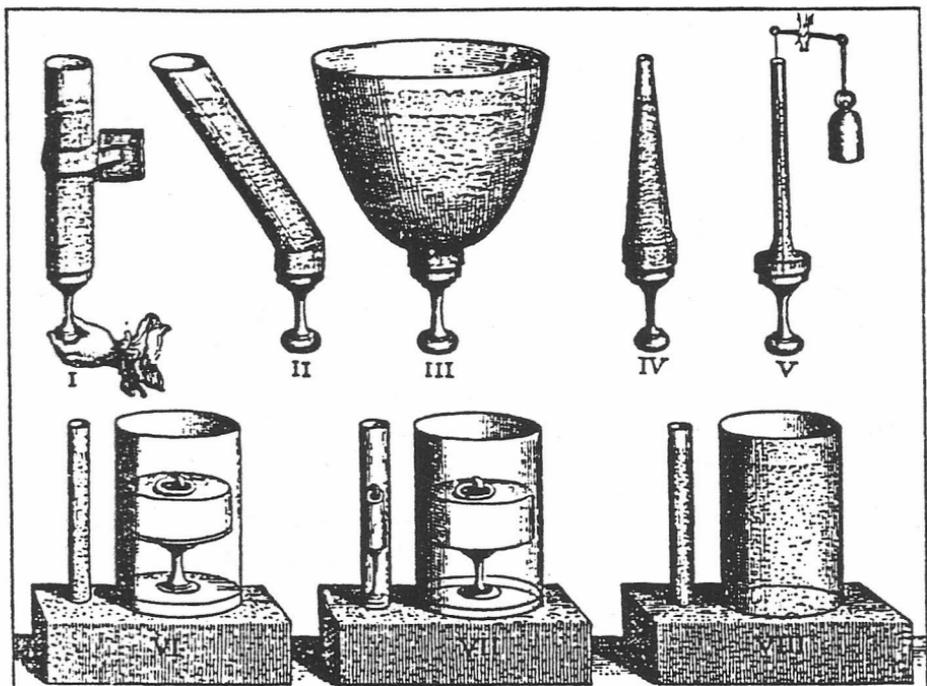
vejo como o segundo possa resistir àquela que agora vos proporciono; de modo que não sinto mais dificuldades em adotar esse terceiro: que a natureza não tem nenhuma repugnância pelo vazio, que ela não faz nenhum esforço para evitá-lo; que todos os efeitos que são atribuídos a esse horror procedem do peso e pressão do ar; que ele é a única e verdadeira causa e que, por não se conhecê-la, havia-se inventado sob medida esse horror imaginário ao vácuo, para dar uma explicação. Não foi apenas nesse caso que, quando a fraqueza dos homens não foi capaz de encontrar as verdadeiras causas, sua sutileza as substituiu por imaginárias, que eles exprimem por nomes especiais que preenchem os ouvidos e não o espírito; é assim que se diz que a simpatia e antipatia dos corpos naturais são as causas eficientes e unívocas de vários efeitos, como se corpos inanimados fossem capazes de simpatia e antipatia; o mesmo ocorre com a antiperístasis e várias outras causas quiméricas, que não proporcionam senão um alimento vão à avidez que os homens têm de reconhecer as verdades ocultas e que, longe de decobri-las, não servem senão para encobrir a ignorância daqueles que as inventam e a nutrir a de seus seguidores.

Não é no entanto sem lamentá-lo que me afasto dessas opiniões tão geralmente aceitas; não o faço senão cedendo à força da verdade que a isso me obriga. Resisti a esses sentimentos novos enquanto tinha algum pretexto para seguir os antigos; as máximas que empreguei em meu *resumo* o testemunham muito bem. Mas, enfim, a evidência das experiências me forçou a abandonar as opiniões onde eu havia sido retido pela antigüidade. Eu também não as abandonei senão pouco a pouco e não me afastei a não ser gradualmente: pois do primeiro desses três princípios, que a natureza tem pelo vazio um horror invencível, passei a esse segundo, que ela lhe tem horror mas não invencível; e daí, cheguei enfim à crença do terceiro, que a natureza não tem nenhum horror pelo vazio.

E a isso que fui levado por essa última experiência do equilíbrio dos líquidos, que eu não vos teria transmitido completamente se não tivesse feito ver que motivos me levaram a procurá-la; é por essa razão que eu vos forneço minha carta de 16 de novembro último, dirigida ao Senhor Périer, que se deu o trabalho de fazê-la com toda a justiça e precisão que se pode desejar e a quem todos os curiosos que a aguardam por tanto tempo estarão totalmente devedores.

Como, por uma vantagem particular, esse desejo universal a havia tornado famosa antes de aparecer, asseguro-me que ela não se tornará menos ilustre depois de sua realização e que dará tanta satisfação quanto sua espera causou impaciência.

Não seria correto deixar por mais tempo sedentos aqueles que a desejavam; e é por essa razão que eu não pude me impedir de fornecê-la adiantadamente, contra o propósito que eu tinha de não fazê-lo senão no meu *tratado* completo (que vos prometi em meu *resumo*) no qual deduzirei as conseqüências que daí tirei e cujo completamento eu havia retardado até essa última experiência, pois ela deve completar as minhas demonstrações. Mas como ele não poderá tão rapidamente aparecer, não quis retê-la ainda mais, tanto para merecer vosso reconhecimento por minha preciptação quanto para evitar a crítica pelo mal que eu creio que vos faria por uma espera ainda mais longa.

I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X
XI
XII
XIII
XIV
XV

TRATADOS SOBRE O EQUILÍBRIO DOS LÍQUIDOS E SOBRE O PESO DA MASSA DO AR CONTENDO A EXPLICAÇÃO DAS CAUSAS DE DIVERSOS EFEITOS DA NATUREZA QUE NÃO HAVIAM SIDO BEM CONHECIDOS ATÉ AQUI E PARTICULARMENTE DAQUELES QUE FORAM ATRIBUÍDOS AO HORROR AO VAZIO[70]

PRIMEIRA PARTE: TRATADO SOBRE O EQUILÍBRIO DOS LÍQUIDOS

Capítulo 1: Que os líquidos pesam de acordo com suas alturas

Se prendermos contra uma parede vários recipientes, um como o da primeira figura; o outro dobrado como na segunda; o outro bastante grande como na terceira, o outro estreito como na quarta, o outro que não seja senão um pequeno tubo que chega a um recipiente largo embaixo mas que não tenha quase altura como na quinta figura; se eles fossem todos preenchidos com água até uma mesma altura e caso façamos em todos aberturas embaixo que sejam arrolhadas para reter a água: a experiência mostra que é necessária uma força semelhante para impedir todos esses tampões de sair, embora a água esteja em quantidades bastante diferentes em todos esses recipientes, porque ela tem uma mesma altura em todos; e a medida dessa força é o peso da água contida no primeiro recipiente, que é uniforme em todo o seu corpo; pois, se essa água pesa 100 libras, será necessária uma força de 100 libras para reter cada um dos tampões e mesmo para aquele do quinto vaso, ainda que a água que ali está não pese mais do que uma onça[71].

Para testá-la exatamente, é necessário arrolhar a abertura do quinto recipiente com um pedaço de madeira redonda, envolvida em tecido como o pistão de uma bomba, que entra e corre nessa abertura de modo tão justo que não a prende e que no entanto impede a água de sair; e prender um fio ao meio desse pistão que passa por dentro desse pequeno tubo, para prender a um braço de balança e prender no outro braço um peso de 100 libras: ver-se-á um equilíbrio perfeito desse peso de 100 libras com a água do pequeno tubo que pesa 1 onça; e por pouco que se diminua essas 100 libras,

---

[70] Título do original: *Traitez de l'éqvilibre des liqvevrs et de la pesantevr de la masse de l'air. Contenant l'explication des causes de divers effets de la nature qui n'avoient point esté bien connues jusques ici, et particulierement de ceux que l'on avoit attribuez a l'horreur du Vuide.* Paris, Guillaume Desprez, 1663. Traduzido de acordo com a edição de Brunschvicg (volume 3, pp. 143-266). A data provável de redação dos *Tratados* é 1654. A publicação foi póstuma.

[71] A libra equivale a cerca de 459 gramas. A onça era 1/12 da libra, ou seja, cerca de 38 gramas. Assim como o valor do pé e da libra, o da onça também variava bastante. Em Portugal, uma onça era cerca de 30 g.

o peso da água fará baixar o pistão; e conseqüentemente fará baixar o braço da balança onde está preso e elevar aquele de onde pende o peso de pouco menos de 100 libras[72].

Se essa água se congelar e se o gelo não se prender ao recipiente, como de fato ordinariamente não se prende, não será necessário para o outro braço de balança senão 1 onça para manter o peso do gelo em equilíbrio: mas se aproximarmos fogo contra o recipiente, que faça fundir o gelo, será necessário o peso de 100 libras para contrabalançar o peso desse gelo que foi fundido em água, embora suponhamos que ela só tenha 1 onça.

A mesma coisa aconteceria se essas aberturas tampadas estivessem para o lado ou mesmo para cima; e seria até mesmo mais fácil de prová-lo nesse caso.

Figura VI — é necessário dispor de um recipiente fechado em todos os lados e nele fazer duas aberturas em cima, uma muito estreita, a outra mais larga, e soldar tanto em uma quanto na outra tubos cada um da grossura de sua abertura; ver-se-á que se for colocado um pistão no tubo largo e se for vertida água no tubo menor, será necessário colocar sobre o pistão um grande peso, para impedir que o peso da água do pequeno tubo não o empurre para cima; do mesmo modo que nos primeiros exemplos era preciso uma força de 100 libras para impedir que o peso da água empurrasse para baixo, pois a abertura estava para baixo; e se ela estivesse para o lado, seria necessário uma força semelhante para impedir que o peso da água empurrasse o pistão para o lado.

E mesmo se o tubo cheio d'água for 100 vezes mais largo ou 100 vezes mais estreito, desde que a água nele sempre esteja à mesma altura, será sempre necessário um mesmo peso para contrabalançar a água; e por pouco que se diminua o peso, a água baixará e fará subir o peso diminuído.

Regra sobre a força necessária para parar a água.

Mas se derramarmos água no tubo a uma altura duas vezes maior, será necessário um peso duas vezes maior sobre o pistão para contrabalançar a água; e da mesma forma, se fizermos a abertura onde está o pistão duas vezes maior do que aquela que lá está, será necessário dobrar a força necessária para sustentar o pistão duplo: de onde se vê que a força necessária para impedir a água de correr por uma abertura é proporcional à altura da água e não à sua largura; e que a medida dessa força é sempre o peso de toda água que estaria contida em uma coluna da altura da água e da grossura da abertura.

O que eu disse a respeito da água deve ser entendido a respeito de todos os outros tipos de líquidos.

Capítulo 2: Por que os líquidos pesam de acordo com suas alturas.

Vê-se, por todos esses exemplos, que uma pequena coluna de água mantém um grande peso em equilíbrio: resta-nos mostrar qual é a causa dessa multiplicação de força; iremos fazê-lo pela experiência seguinte

---

[72]Possivelmente uma experiência imaginária. O pistão sem atrito mas que veda perfeitamente o tubo é inviável. Mesmo se o arranjo fosse possível, uma pequena redução do peso de 100 libras produziria uma variação insensível na posição do pistão.

Figura VII – *Novo tipo de máquina para multiplicar as forças*

Se um recipiente cheio de água, fechado em todos os lados, tem duas aberturas, das quais uma é 100 vezes maior do que a outra: colocando em cada uma um pistão que lhe esteja bem ajustado, um homem empurrando o pequeno pistão igualará a força de 100 homens que empurrem aquele que é 100 vezes maior e será capaz de vencer a de 99.

E qualquer proporção que essas aberturas tenham, se as forças colocadas sobre os pistões forem como as aberturas, elas ficarão em equilíbrio. Daí se vê que um recipiente cheio de água é um novo princípio de mecânica e uma máquina nova para multiplicar forças no grau em que se deseje, pois um homem dessa maneira poderá elevar qualquer fardo que lhe seja proposto.

E é de se admirar que se encontre nessa nova máquina essa ordem constante encontrada em todas as antigas; a saber: a alavanca, a manivela, o parafuso sem fim, etc., que é que o caminho aumenta na mesma proporção que a força. Pois é visível que, como uma dessas aberturas é 100 vezes maior que a outra, se o homem que empurra o pequeno pistão o fizer descer uma polegada, ele não fará o outro subir senão uma centésima parte apenas; pois como esse impulso é feito por causa da continuidade da água, que comunica um dos pistões ao outro, fazendo com que um não possa mover sem empurrar o outro, é claro que quando o pequeno pistão se move uma polegada, a água que ele empurrou, empurrando o outro pistão, como encontra sua abertura 100 vezes maior, não ocupa senão 1/100 da altura: de modo que o caminho está para o caminho como a força para a força. É isso que se pode considerar como a verdadeira causa desse efeito: pois é claro que é a mesma coisa fazer com que 100 libras de água façam um percurso de 1 polegada do que fazer com que 1 libra de água faça um percurso de 100 polegadas; e que assim, quando 1 libra de água está ajustada de tal forma com 100 libras de água que as 100 libras não possam se mover 1 polegada a não ser que façam mover a libra de 100 polegadas, é preciso que permaneçam em equilíbrio, pois uma libra tem tanta força para fazer com que 100 libras se desloquem 1 polegada quanto as 100 libras tem para fazer com que 1 libra se desloque 100 polegadas[73].

Pode-se ainda acrescentar, para maior esclarecimento, que a água está igualmente pressionada sob esses dois pistões; pois se um possui 100 vezes mais peso do que o outro ele em troca também toca 100 vezes mais partes; e assim cada uma é pressionada igualmente; portanto todas devem estar de repouso, pois não existe nenhuma razão pela qual uma deva ceder mais do que a outra; de modo que, se um recipiente cheio de água não tem mais do que uma abertura, com o tamanho de 1 polegada, por exemplo, onde se coloca um pistão pressionado por um peso de 1 libra, esse peso produz uma força contra todas as partes do recipiente em geral, por causa da continuidade e da fluidez da água: mas, para determinar quanto sofre cada uma das partes, eis a regra: cada parte do tamanho de 1 polegada, como a abertura, sofre tanto quanto se ela estivesse sendo empurrada pelo peso de 1 libra (sem contar o peso da água do qual não se fala aqui, pois eu falo apenas a respeito do peso do pistão), porque o peso de 1 libra pressiona o pistão que está na abertura e cada porção do recepiente maior ou menor sofre pre-

---

[73] Esse mesmo tipo de raciocínio, que utiliza uma noção semelhante ao princípio dos trabalhos virtuais, já era utilizado na Antigüidade (ver a *Mecânica* pseudo-aristotélica).

cisamente mais ou menos proporcionalmente a seu tamanho, esteja essa porção diretamente à frente da abertura ou ao lado, longe ou perto; pois a continuidade e fluidez da água torna todas essas coisas iguais e indiferentes. De tal modo que é necessário que a matéria da qual o recipiente é feito tenha igual resistência em todas as suas partes para sustentar todos esses esforços: se sua resistência for menor em algum, ele se rompe; se ela for maior, ela fornece aquilo que é necessário e o restante se torna inútil nessa ocasião; de tal forma que, se for feita uma nova abertura nesse recipiente, será necessário, para prender a água que daí jorraria, uma força igual à resistência que essa parte deve ter, quer dizer, uma força que esteja para aquela de 1 libra, com essa última abertura está para a primeira.

Eis ainda uma prova que não poderá ser entendida a não ser pelos geômetras e que pode ser saltada pelos outros.

Tomo por princípio que jamais um corpo se move por seu peso sem que seu centro de gravidade desça. Daí provo que os dois pistões desenhados na figura VII estão em equilíbrio dessa maneira; pois seu centro de gravidade comum está no ponto que divide a linha que une seus centros de gravidade particulares na proporção de seus pesos; que eles se movam agora, se isso for possível: então, seus percursos estarão entre eles como seus pesos reciprocamente, como mostramos: ora, se tomarmos seu centro de gravidade comum nessa segunda situação, ele será encontrado precisamente no mesmo lugar que da primeira vez; pois encontrar-se-á sempre no ponto que divide a linha que une seus centros de gravidade particulares na proporção de seus pesos; portanto, por causa do paralelismo das linhas de seus caminhos, ele se encontrará na intesecção das duas linhas que unem o centro de gravidade nas duas situações; portanto, o centro de gravidade comum estará no mesmo ponto que antes: logo, os dois pistões, considerados como um único corpo, moveram-se sem que o centro de gravidade comum tenha descido; o que é contrário ao princípio; portanto, eles não podem se mover: portanto, deverão ficar em repouso, quer dizer, em equilíbrio; que é o que queríamos demonstrar.

Demonstrei por esse método, em um pequeno tratado de mecânica, a razão de todas as multiplicações de forças que se encontram em todos os outros instrumentos de mecânica que até agora foram inventados. Pois mostro em todos que os pesos desiguais que se encontram em equilíbrio com a ajuda das máquinas estão dispostos de tal forma, pela construção das máquinas, que seu centro de gravidade comum não poderia jamais descer, qualquer que fosse a situação que eles tomassem: daí se segue que devem permanecer em repouso, quer dizer, em equilíbrio.

Tomemos portanto por bastante verdadeiro que, se um recipiente cheio de água tiver aberturas e forças nessas aberturas que lhe sejam proporcionais, elas estarão em equilíbrio; e esse é o fundamento e a razão do equilíbrio dos líquidos, do qual iremos dar muitos exemplos.

Essa nova máquina mecânica nos faz compreender por que os líquidos possuem pesos de acordo com suas alturas.

Essa máquina mecânica para multiplicar as forças, sendo bem compreendida, mostra a razão pela qual os líquidos pesam de acordo com sua altura e não de acordo com sua largura, em todos os resultados que descrevemos.

Pois é visível que na figura VI a água de um pequeno tubo contrabalança um pistão carregado de 100 libras, pois o recipiente do fundo é ele próprio um recipiente cheio de água, tendo duas aberturas, em uma das quais está o grande pistão e na outra a água do tubo, que é propriamente um pistão pesando por si próprio, que deve contrabalançar o outro, se seus pesos estão entre si como suas aberturas.

Assim, na figura V, a água do pequeno tubo está em equilíbrio com o peso de 100 libras, porque o recipiente do fundo, que é grande e pouco alto, é um recipiente fechado em todos os lados, cheio de água, tendo duas aberturas, uma embaixo, grande, onde está o pistão; a outra no alto, pequena, onde está o pequeno tubo, cuja água é propriamente um pistão que pesa por si mesmo e que contrabalança o outro, devido à proporção dos pesos nas aberturas; pois não importa se essas aberturas estão frente a frente ou não, como foi dito.

Vê-se então que a água desses tubos faz exatamente aquilo que fariam pistões de cobre de igual peso; pois um pistão de cobre pesando 1 onça estaria também em perfeito equilíbrio com o peso de 100 libras, como o pequeno filete de água pesando 1 onça: de modo que a causa do equilíbrio de um pequeno peso com um maior, que aparece em todos esses exemplos, não está em que esses corpos que pesam tão pouco e que contrapesam outros bem mais pesados sejam de uma matéria líquida; pois isso não é comum a todos esses exemplos, uma vez que aqueles onde pequenos pistões de cobre contrapesam outros bastante pesados mostram a mesma coisa; mas em que a matéria que se estende até o fundo dos recipientes desde uma abertura até a outra é líquida; pois isso é comum a todas e é a verdadeira causa dessa multiplicação.

Também no exemplo da figura V, se a água que está no pequeno tubo se congelasse e aquela que está no grande recipiente de baixo permanecesse líquida, seriam necessárias 100 libras para sustentar o peso desse gelo; mas, se a água que está no recipiente debaixo se congelasse, quer a outra se congelasse ou permanecesse líquida, não seria preciso mais do que uma onça para contrabalançá-la.

Por aí se vê bem claramente que é a liquidez do corpo que comunica uma das aberturas com a outra que causa essa multiplicação de forças, e seu fundamento é, como já dissemos, que o recipiente cheio de água é uma máquina mecânica para multiplicar as forças.

Passemos aos outros efeitos que essa máquina nos explica.

Capítulo 3: Exemplos e razões do equilíbrio dos líquidos.

Figura VIII — Se um recipiente cheio de água tem duas aberturas, sendo a cada uma delas soldado um tubo; se derramarmos água em um e no outro a iguais alturas, os dois estarão em equilíbrio.

Pois suas alturas sendo iguais, elas estarão na proporção de suas grossuras, quer dizer, de suas aberturas; portanto, as duas águas desses tubos são propriamente dois pistões que pesam proporcionalmente a suas aberturas; portanto, estarão em equilíbrio, pelas demonstrações precedentes.

Daí vem que se derramamos água em um desses tubos apenas, ela fará subir a água do outro, até que esta chegue à mesma altura e então permanecerão em equilíbrio; pois então serão dois pistões com pesos proporcionais a suas aberturas.

Por que a água sobre até a altura de sua fonte.

Essa é a razão pela qual a água sobre até a altura de sua fonte.

Se colocarmos líquidos diferentes nos tubos, como por exemplo água em um e mercúrio no outro, esses dois líquidos estarão em equilíbrio quando suas alturas forem proporcionais a seus pesos; quer dizer, quando a altura da água for 14 vezes maior do que a altura do mercúrio, pois o mercúrio pesa por si mesmo 14 vezes mais do que a água; pois esses serão dois pistões, um de água e o outro de mercúrio, cujos pesos serão proporcionais às aberturas[74].

E mesmo quando o tubo cheio de água for 100 vezes menor do que aquele onde estiver o mercúrio, esse pequeno filete de água manterá em equilíbrio toda essa grande massa de mercúrio, desde que sua altura seja 14 vezes maior.

Tudo aquilo que dissemos até agora sobre os tubos deve ser entendido a respeito de qualquer recipiente que seja regular ou não; pois o mesmo equilíbrio aí se encontra: de modo que se, no lugar desses dois tubos que nós imaginamos nessas duas aberturas, colocássemos dois recipientes que cheguem também a essas duas aberturas, mas que fossem largos em alguns lugares, estreitos em outros e enfim todos irregulares em toda sua extensão, derramando aí líquidos à altura que dissemos, esses líquidos também estarão em equilíbrio nesses tubos irregulares, como nos uniformes, porque os líquidos pesam apenas de acordo com suas alturas e não de acordo com suas larguras.

E a demonstração disso seria fácil, inscrevendo em um e no outro diversos pequenos tubos regulares; pois far-se-á ver por aquilo que nós demonstramos que dois desses tubos inscritos, que se correspondem nos dois recipientes, estão em equilíbrio: portanto, todos de um recipiente estarão em equilíbrio com todos os do outro. Aqueles que estão acostumados às inscrições e às circunscrições da geometria não terão nenhuma dificuldade em entender isso; e seria bem difícil demonstrá-lo aos outros, pelo menos geometricamente.

Figura IX — Se colocarmos em um rio um tubo recurvado em sua extremidade de baixo, cheio de mercúrio, de modo no entanto que a extremidade de cima esteja fora da água, o mercúrio cairá em parte, até que tenha baixado a uma certa altura, e depois não baixará mais mas permanecerá suspenso nesse estado; de tal modo que sua altura seja 1/14 da altura da água que está acima da extremidade recurvada; de modo que, se desde o alto da água até a extremidade recurvada existirem 14 pés, o mercúrio cairá até que tenha chegado a apenas 1 pé de altura acima da extremidade recurvada e permanecerá suspenso a essa altura; pois o peso do mercúrio que pesa dentro estará em equilíbrio com o peso da água que pesa fora do tubo, porque esses líquidos possuem suas alturas proporcionais a seus pesos e suas larguras são indiferentes no equilíbrio; e é também indiferente pela mesma razão que a extremidade recurvada seja larga ou não e que assim mais ou menos água pressione aí[75].

---

[74] O valor utilizado por Pascal é aproximado; o valor atualmente aceito para a densidade do mercúrio é 13,6 vezes superior à da água.

[75] A descrição de Pascal parece indicar que uma pessoa precisaria fazer essa experiência embaixo da água (a quase 5 metros de profundidade), sem equipamento de mergulho. A dificuldade de realização é evidente, pois a experiência não é instantânea: é preciso descer com o tubo cheio

Além disso, se mergulharmos o tubo mais para baixo, o mercúrio subirá, pois o peso da água será maior; pelo contrário, se ele for elevado, o mercúrio baixa, e seu peso supera o outro; e se o tubo for inclinado, o mercúrio subirá até que tenha retornado à altura necessária que foi diminuída quando ele foi inclinado; pois um tubo inclinado não tem tanta altura quanto em pé.

Figura X — A mesma coisa acontece em um tubo simples, quer dizer, que não é recurvado; pois esse tubo aberto em cima e embaixo, sendo cheio de mercúrio e mergulhado em um rio, desde que a extremidade de cima saia fora da água, se a extremidade de baixo estiver 14 pés abaixo da água, o mercúrio cairá até que reste a altura de 1 pé; e lá ele permanecerá suspenso pelo peso da água: o que é fácil de entender; pois a água, tocando o mercúrio por baixo e não por cima, faz um esforço para empurrá-lo para cima, como para empurrar um pistão — e com tanto maior força quanto maior é a sua altura; de tal modo que o peso desse mercúrio tendo tanta força para cair quanto o peso da água tem para empurrá-lo para cima, tudo permanece em equilíbrio[76].

Além disso, se o mercúrio não estivesse aí, é claro que a água entraria nesse tubo e aí subiria até 14 pés de altura, que é o seu nível; como esse pé de mercúrio pesa tanto quanto esses 14 pés de água, dos quais ocupa o lugar, é natural que ele mantenha a água no mesmo equilíbrio em que esses 14 pés de água mantê-la-iam.

Mas se o tubo for mergulhado tanto dentro da água que a extremidade de cima aí entre, então a água entraria no tubo e o mercúrio cairia; pois como a água pesa tanto fora quanto dentro do tubo, o mercúrio estaria sem o contrapeso necessário para se sustentar.

Capítulo 4: Sobre o equilíbrio de um líquido com um corpo sólido.

Vamos agora dar exemplo de equilíbrio da água com corpos maciços como um cilindro de cobre maciço; pois pode-se fazer com que ele flutue na água da seguinte maneira.

Figura XI — Deve-se dispor de um tubo bastante longo, por exemplo de 20 pés, que se alargue na extremidade de baixo, como aquele que é chamado de funil: se essa extremidade de baixo é redonda e se nela for colocada um cilindro de cobre feito no torno de modo tão exato que possa entrar e sair na abertura desse funil e aí se mover sem que a água possa correr entre eles, servindo assim de pistão, o que é fácil de fazer[77], ver-se-á

---

de mercúrio (tomando cuidado para não quebrá-lo) ou enchê-lo depois de ter mergulhado. Tudo isso tomaria tempo.

[76] Essa experiência não é possível, a menos que o tubo seja extremamente fino. Com um tubo de grossura comum (seção reta de cerca de 1 cm^2), o mercúrio cairia todo e a água subiria pelo tubo. É o equivalente ao que acontece na experiência de Torricelli, colocando-se água sobre o mercúrio e erguendo-se a boca do tubo até a água. Como Pascal conhecia bem essa experiência, é difícil entender como não percebeu a impossibilidade desta proposta.

[77] A experiência não é, de modo nenhum, "fácil de fazer". O ajuste perfeito do cilindro de cobre no cilindro de vidro é muito difícil; e é difícil imaginar uma pessoa, a 9 ou 20 pés de profundidade, dentro de um rio, fazendo essas observações.

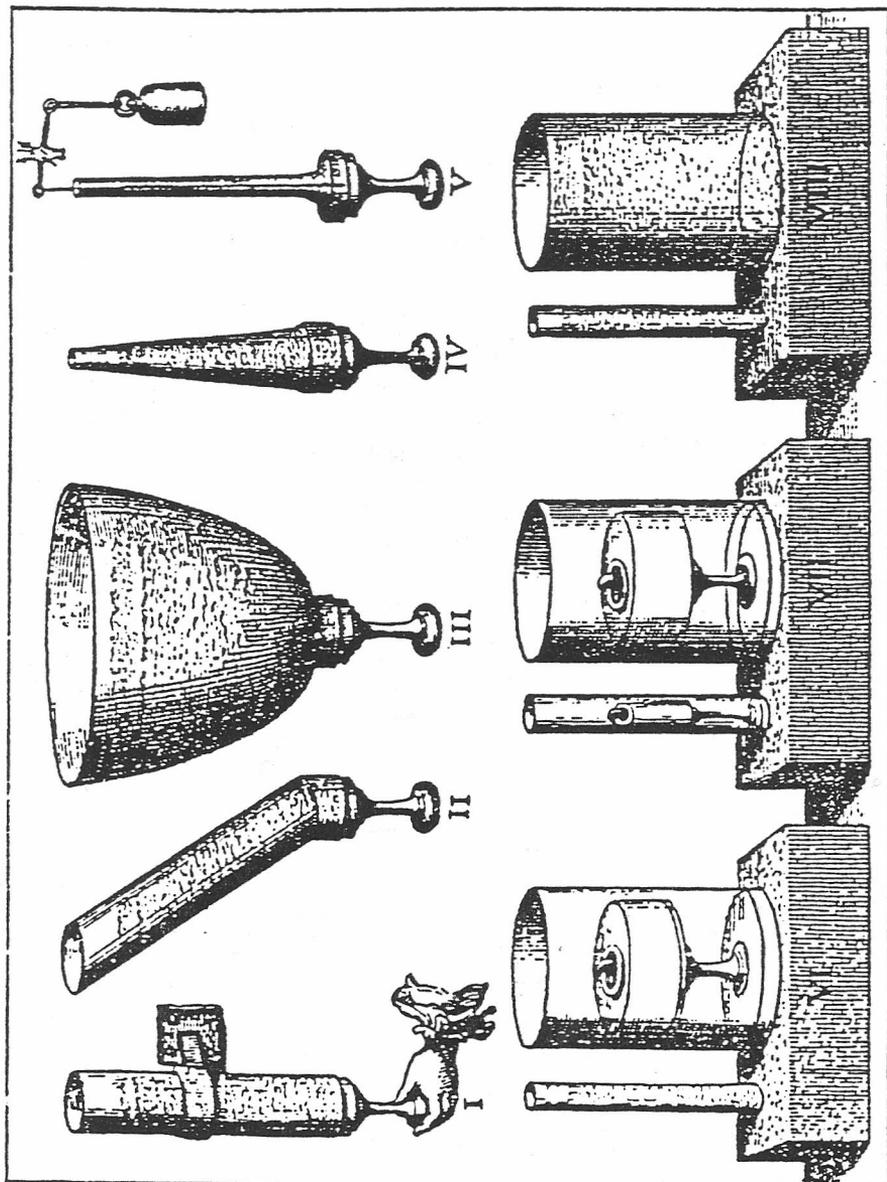
I
II
III
IV
V

que, colocando o cilindro e esse funil dentro de um rio, de modo no entanto que a extremidade do tubo fique fora da água, se o tubo for sustentado com a mão e se o cilindro de cobre for abandonado àquilo que acontecer, esse cilindro de grande massa não cairá, mas permanecerá suspenso, pois a água o toca por baixo e não por cima (pois ela não pode entrar no tubo); e assim a água o empurra para cima do mesmo modo como empurrava o mercúrio no exemplo precedente e com tanta força quanto a que o peso de cobre tem para cair para baixo; e assim esses esforços contrários se contrabalançam. É verdade que para que isso aconteça ele deve estar bem dentro da água, para fazer com que ela tenha a altura necessária para contrabalançar o cobre; tal que, se esse cilindro tem 1 pé de altura, é preciso que a altura da água até a base do cilindro tenha 9 pés, pois o cobre pesa por si mesmo 9 vezes mais do que a água; além disso, se a água não tiver altura suficiente, como se o tubo for elevado da água, seu peso vence e ele cai; mas se ele for mergulhado ainda mais do que era necessário, como por exemplo até 20 pés, não só ele não cai por seu peso, como, ao contrário, seria necessário empregar uma grande força para separá-lo e arrancá-lo do funil, pois o peso da água o empurra para cima com a força de 20 pés de altura. Mas se esse tubo for perfurado e a água aí entrar, e pressionar sobre o cilindro assim como por baixo, então o cilindro cairá por seu peso, como o mercúrio no outro exemplo, pois ele não terá mais o contrapeso que é necessário para sustentá-lo.

Figura XII — Se esse tubo, como acabamos de representá-lo, é recurvado e coloca-se nele um cilindro de madeira, e o conjunto na água, de tal modo que, no entanto, a extremidade de cima saia da água, a madeira não flutuará, embora a água esteja à sua volta; mas, ao contrário, ele será pressionado no tubo, porque ela o toca por cima e não por baixo; pois ela não pode entrar no tubo e assim o empurra para baixo com todo o seu peso e não para cima; uma vez que não o toca por baixo.

Figura XIII — Se o cilindro estivesse à flor da água, ou seja, mergulhado apenas de modo que a água não estivesse em cima dele mas também nada dele estivesse fora da água; então ele não seria empurrado nem em cima nem embaixo pelo peso da água; pois ela não o tocaria nem por cima nem por baixo, já que não pode entrar no tubo; e ela o toca apenas por todos os seus lados: assim, ele não subirá, pois nada o empurra para cima e ele cairia pelo contrário, mas somente por seu próprio peso.

Se a extremidade de baixo de um tubo for virada de lado, como uma bengala, colocando-se aí um cilindro, e o conjunto na água, de modo que sempre a extremidade de cima saia para fora da água, o peso da água o empurrará de lado para dentro do tubo, pois ela não o toca do lado que lhe está oposto e agirá desse modo com tanto mais força quanto maior for a sua altura.

Capítulo 5: Sobre os corpos que estão totalmente mergulhados na água

Figura XV — Nós vemos por aí que a água empurra para cima os corpos que toca por baixo; que empurra para baixo aqueles que ela toca por cima; e que empurra de lado aqueles que toca do lado oposto: daí é fácil concluir que, quando um corpo está todo dentro da água, como a água o toca por cima, por baixo e por todos os lados,

ela faz um esforço para empurrá-lo para cima, para baixo e para todos os lados; mas, como sua altura é a medida da força que ela tem em todos esses efeitos, ver-se-á facilmente qual de todos esses esforços deve vencer.

Pois parece inicialmente que, como ela tem uma altura semelhante em todas as faces dos lados, ela os empurrará igualmente; e, portanto, esse corpo não receberá nenhum efeito para nenhum lado, assim como uma girândola entre dois ventos iguais. Mas, como a água tem mais altura sobre a face de baixo do que sobre aquela de cima, é claro que ela o empurrará mais para o alto do que para baixo; e como a diferença dessas alturas da água é a altura do próprio corpo, é fácil de compreender que a água o empurra mais para o alto do que para baixo com uma força igual ao peso do volume de água igual ao desse corpo[78].

Um corpo na água é contrabalançado por um volume de água semelhante, por isso alguns corpos caem nela.

De modo que o corpo que está dentro da água é aí empurrado da mesma forma que se estivesse em um prato de uma balança da qual o outro estivesse carregado de um volume igual ao seu.

É por isso que alguns corpos caem nela.

Por isso se vê que se ele for de cobre ou de alguma outra matéria que pese mais do que a água em um mesmo volume, ele cairá; pois seu peso vence aquele que o contrabalança.

Outros sobem nela.

Se ele for de madeira, ou de alguma outra matéria mais leve do que a água para um mesmo volume, ele subirá com toda força pela qual o peso da água o ultrapassa.

Outros nem sobem nem descem nela.

E se ele pesa igualmente, não desce nem sobe, como a cera, que se mantém mais ou menos dentro da água no lugar onde é colocada.

É por isso que o balde de um poço não é difícil de puxar enquanto está dentro da água e não se sente seu peso senão quando ele começa a sair dela, da mesma forma que um balde cheio de cera não seria difícil de puxar estando dentro da água; não é que a água ou que a cera não pesem tanto dentro quanto fora da água; mas é que, estando dentro da água, eles possuem um contrapeso que não possuem quando dela são tirados; da mesma forma que um prato de balança carregado de 100 libras não é mais difícil de levantar, se o outro também estiver igualmente carregado.

O cobre pesa mais no ar do que na água.

É por isso que, quando o cobre está na água, sente-se menos o seu peso precisamente por uma diferença igual ao peso do volume de água igual ao seu; de modo que, se ele pesa 9 libras no ar, pesa apenas 8 libras na água; pois a água, no mesmo volume que o contrabalança, pesa 1 libra; e na água do mar ele pesa menos, pois a água do mar pesa mais, aproximadamente 1/45.

---

[78] Aqui, Pascal está apresentando o bem conhecido princípio de Arquimedes relativo ao empuxo de um corpo imerso.

Dois corpos que se equilibram no ar não se equilibram na água.

Pela mesma razão, dois corpos, um de cobre e o outro de chumbo, sendo igualmente pesados e por conseguinte de diferentes volumes, pois é necessário mais cobre para produzir o mesmo peso, ficarão em equilíbrio, colocando cada um em um prato da balança: mas, se essa balança for colocada na água, eles não se equilibram; pois, cada um deles estando contrabalançado por um volume de água igual ao seu, o volume de cobre sendo maior que o do chumbo, ele tem maior contrapeso; contudo o peso do chumbo é o que vence.

Nem mesmo no ar úmido.

Assim, dois pesos de diferentes matérias sendo ajustadas em um equilíbrio perfeito, do modo mais justo que os homens possam conseguir, se eles estiverem em equilíbrio quando o ar estiver bastante seco, não o estarão mais quando o ar estiver úmido.

A água empurra todos os corpos que lá estão para o alto por seu peso e não para baixo.

É pelo mesmo princípio que, quando o homem está na água, o peso da água não o empurra para baixo, pelo contrário, ela o empurra para cima; mas ele pesa mais do que ela e é por isso que ele não deixa de cair, mas com muito menor violência do que no ar, pois está contrabalançado por um volume de água igual ao seu que pesa quase tanto quanto ele; e se pesasse igualmente, ele nadaria. Também, dando o impulso na terra ou fazendo o menor esforço contra a água, ele se eleva e nada: e nos banhos de água lamacenta, um homem não consegue se afundar e, se for afundado, volta para cima por si mesmo.

Pela mesma causa, quando uma pessoa está tomando banho, não faz esforço para erguer o braço, enquanto ele está dentro da água; mas quando sai da água, sente-se que ele pesa bastante, porque não tem mais o contrapeso de um volume de água igual ao seu, que tinha enquanto estava na água.

Como os corpos flutuam.

Enfim, os corpos que flutuam sobre a água pesam precisamente tanto quanto a água da qual eles ocupam o lugar; pois a água, tocando-os por baixo e não por cima, os empurra apenas para cima.

E é por isso que uma placa de chumbo, sendo moldada em uma forma convexa, flutua, pois por causa dessa forma ocupa um grande espaço dentro da água; enquanto que, se ela estiver em um bloco maciço, ocupará na água apenas o lugar de um volume de água igual ao volume de sua matéria, que não será suficiente para contrabalançá-lo.

Capítulo 6: Sobre os corpos compressíveis que estão dentro da água.

Vê-se, por tudo aquilo que mostrei, de que modo a água age contra todos os corpos que lá estão, pressionando-os por todos os lados: por isso é fácil de julgar que, se um corpo compressível aí for mergulhado, ela deve comprimi-lo de fora para o centro; e é isso exatamente que ela faz, como se vai ver nos exemplos seguintes.

Figura XIV — Se um fole que tem o tubo bastante longo, como por exemplo 20 pés, está dentro da água, de modo que sua extremidade saia para fora da água, será

difícil abri-lo, se os pequenos furos que estão em uma das asas forem tampados; pelo contrário, ele seria aberto sem dificuldade, se estivesse no ar, porque a água o comprime em todos os lados por seu peso: mas, se for empregada toda força que para isso é necessária, e se ele for aberto; por pouco que se reduza essa força, ele se fecha violentamente (enquanto manter-se-ia totalmente aberto, se estivesse no ar) por causa do peso da massa da água que o pressiona. E quanto mais embaixo ele está na água, mais difícil é abri-lo, pois é preciso suportar uma maior altura de água.

Figura XVI — É assim que se colocarmos um tubo na abertura de um balão e se esse balão for ligado em torno da extremidade de um tubo com comprimento de 20 pés, colocando mercúrio dentro do tubo até que o balão fique cheio dele, sendo tudo isso colocado dentro de uma cuba cheia de água, de modo que a extremidade do tubo saia para fora da água, ver-se-á o mercúrio subir do balão dentro do tubo, até uma certa altura, por causa do peso da água que pressiona o balão em todos os lados, o mercúrio que ele contém sendo pressionado igualmente em todos os pontos exceto naqueles que estão na entrada do tubo (porque a água não tem acesso aí, já que o tubo que sai da água o impede), ele é empurrado dos lugares onde é pressionado para aquele onde não o é; e assim sobe no tubo até uma altura na qual ele pesa tanto quanto a água que está fora do tubo.

Aí ocorre a mesma coisa que se pressionássemos o balão entre as mãos; pois far-se-ia sem dificuldade sumir o seu líquido dentro do tubo e é claro que a água que o cerca o pressiona da mesma forma.

Figura XVII — É pela mesma razão que, se um homem coloca a extremidade de um tubo de vidro de comprimento de 20 pés sobre sua coxa e mergulha dessa maneira em uma cuba cheia d'água, de modo que a extremidade de cima do tubo fique fora d'água, sua carne se inchará na parte que está na abertura do tubo formando-se um grande tumor doloroso, como se a sua carne estivesse sendo sugada e puxada por uma ventosa, pois como o peso da água comprime seu corpo em todos os lados, exceto na parte que está na boca do tubo, porque o tubo no qual ela não pode entrar impede que ela aí chegue; a carne é empurrada dos lugares onde existe compressão para o lugar onde não existe; e quanto maior a altura da água, mais cresce esse inchamento; e quando se retira a água, o inchamento cessa; e da mesma forma, se se faz entrar água dentro do tubo; pois o peso da água, afetando tanto essa parte quanto as outras, não produz a inchação nesse mais do que nos outros[79].

Esse efeito é semelhante ao precedente; pois o mercúrio num e a carne desse homem no outro, sendo pressionados em todos os lados exceto naquele que está na boca do tubo, são empurrados para dentro do tubo tanto quanto a força do peso da água pode fazê-lo.

---

[79] Novamente, um experimento plausível, mas pouco factível: como colocar um tubo de vidro de 6 metros de altura sobre a coxa e *depois* mergulhar? Qual seria o peso desse tubo? Ele não produziria, apenas por seu peso, antes de mergulhar, uma considerável sensação dolorosa e inchamento?

Se colocarmos no fundo de uma cuba cheia d'água um balão onde o ar não esteja fortemente pressionado, veremos que ele será comprimido sensivelmente; e, à medida que o retirarmos da água, ele aumentará pouco a pouco, pois o peso da massa da água que está acima dele o comprime de todos os lados para o centro, até que a elasticidade desse ar comprimido seja tão forte quanto o peso da água que o pressiona.

Se colocarmos no fundo da mesma cuba cheia de água um balão cheio de ar extremamente comprimido, não se notará nenhuma compressão: não é que a água não o pressione; pois o contrário se nota no outro balão e naquele onde estava o mercúrio, no fole e em todos os outros exemplos; mas é que ela não tem a força de comprimi-lo sensivelmente, pois ele já o foi bastante: do mesmo modo que, quando uma mola está bem esticada, como aquela de uma besta, não pode ser sensivelmente dobrada por uma pequena força, que comprimiria uma mais fraca bem visivelmente.

E não é preciso se espantar de que esse peso da água não comprima esse balão visivelmente e no entanto que o mesmo possa ser comprido de uma forma bastante considerável simplesmente apoiando-se o dedo sobre ele, embora ele seja apertado com uma força menor do que a da água. A razão dessa diferença é que, quando o balão está na água, ela o pressiona em todos os lados, enquanto que, quando se pressiona com o dedo, ele é pressionado apenas de um lado: ora, quando se pressiona com um dedo em um lugar apenas, ele é afundado bastante e sem esforço, pois as partes vizinhas não são pressionadas e assim elas recebem facilmente aquilo que é empurrado desse lugar de modo que, como a matéria que se empurra de um único lugar pressionado se distribui em todo o restante, cada uma pode receber um pouco; e, assim, há um afundamento nessa parte, que se torna bastante visível pela comparação de todas as partes que o cercam e que não o sofrem.

Mas se chegarmos a pressionar igualmente todas as outras partes como essa, cada uma devolvendo aquilo que recebeu primeiramente, voltará a seu estado inicial, pois serão pressionadas tanto quanto aquele; e como haverá apenas uma compressão geral de todas as partes para o centro, não se verá mais compressão em nenhum lugar em particular; e não se poderá avaliar essa compressão geral, senão pela comparação do espaço que ocupa em relação àquele que ocupava; e como haverá uma diferença muito pequena, será impossível notá-la. Daí se vê como há diferença entre pressionar apenas uma parte ou pressionar em geral todas as partes.

O mesmo ocorre com um corpo no qual se pressionam todas as partes exceto uma; pois aí ocorrerá um inchamento pelo que for rejeitado dos outros, como aparece no exemplo do homem na água, com um tubo sobre a coxa. Também, se for pressionado o mesmo balão entre as mãos, embora se tome o cuidado de tocar cada uma das partes, sempre existirá alguma que escapará entre os dedos, onde se formará um grande tumor; mas se for possível pressionar todos os lugares igualmente, ele não será comprimido sensivelmente, por maior que seja o esforço empregado, desde que o ar do balão já houver sido bastante pressionado anteriormente; e é isso que acontece quando ele está na água; pois ela o toca em todos os lados[80].

---

[80] Todos esses parágrafos descrevem um fenômeno inexistente. É claro que um balão cheio de ar, mesmo se esse ar estiver comprimido, mudará de volume se for mergulhado na água ou se

Capítulo 7: Sobre os animais que estão na água.

Por que o peso da água não os comprime visivelmente. Tudo isso nos explica por que a água não comprime os animais que aí estão embora ela comprima geralmente todos os corpos que ela cerca, como mostramos com tantos exemplos: pois não é que ela não os pressione, mas é que, como já dissemos, como ela os toca em todos os lados, não parece causar nem inchamento nem afundamento em nenhuma parte em particular, mas apenas uma condensação geral de todas as partes para o centro, que não poderia ser visível, se ela não for grande, e que não pode ser senão extremamente pequena, porque a carne é bem compacta.

Pois se ela não tocasse senão uma parte, ou se tocasse todas exceto uma, desde que fosse uma altura considerável, o efeito seria notável, como nós o mostramos; mas, pressionando todas, nada aparece.

Por que não se sente o peso da água. É fácil passar daí à razão pela qual os animais que estão na água não sentem o seu peso.

Pois a dor que sentimos, quando alguma coisa nos aperta, é grande, se a compressão for grande; pois a parte que é pressionada é esvaziada de sangue e a carne, os nervos e as outras partes que a compõem são empurradas para fora de seu lugar natural e essa violência não pode ocorrer sem dor. Mas se a compressão for pequena, como quando se toca docemente a pele com o dedo, e não se priva a parte que se toca de sangue, nem se empurra daí a carne nem os nervos, não se produzindo nenhuma mudança; não deve também haver nenhuma dor sensível; e se tocamos dessa forma todas as partes do corpo, não devemos sentir nenhuma dor com uma compressão leve.

E é isso que acontece com os animais que estão na água; pois o peso os comprime realmente, mas tão pouco que isso não é perceptível, pela razão que mostramos: assim, como nenhuma parte é pressionada nem esvaziada de sangue, nenhum nervo, nem veia, nem carne é tirado do lugar (pois, tudo sendo igualmente pressionado, não existe nenhuma razão pela qual devessem ser empurrados para um lugar ao invés de outro), e tudo enfim permanecendo sem mudança, deve permanecer sem dor e sem sensação.

E não é preciso se espantar que os animais não sintam o peso da água; e que no entanto sentiriam bastante se apoiássemos apenas o dedo sobre eles, mesmo se os pressionássemos então com uma força menor do que a da água; pois a razão dessa diferença é que, quando estão na água, são pressionados em todos os lados em geral; enquanto que, quando são pressionados com o dedo, eles o são apenas em um lugar. Ora, mostramos que essa diferença é a causa pela qual eles são comprimidos visivelmente pela extremidade do dedo que os toca; e que eles não o são visivelmente pelo peso da água, mesmo se esse for aumentado 100 vezes: e como o sentimento é sempre proporcional à compressão, essa mesma diferença é a causa pela qual eles sentem bastante o dedo que os pressiona e não o peso da água.

---

for apertado com as mãos. Pascal parece acreditar que o ar é pouco compressível e que seu volume não pode ser facilmente reduzido. A motivação de toda essa discussão é tentar explicar por que não sentimos a pressão (ou peso) da água quando estamos dentro dela.

E assim, a verdadeira causa que faz que os animais dentro da água não sintam seu peso, é que eles são pressionados igualmente em todos os lados.

Assim, se um verme for colocado dentro de uma pasta, mesmo se ela for pressionada entre as mãos, não será possível jamais esmagá-lo, nem mesmo feri-lo, ou comprimi-lo; pois ele seria apertado em todas as suas partes: a experiência seguinte vai prová-lo. É preciso dispor de um tubo de vidro, fechado embaixo, cheio até a metade de água, onde são jogadas três coisas, a saber: um pequeno balão cheio pela metade de ar, um completamente cheio de ar e uma mosca (pois ela vive tão bem na água quanto no ar); e colocar um pistão nesse tubo que chegue até a água. Ocorrerá que, se pressionarmos esse pistão com a força que quisermos, como por exemplo, colocando pesos acima em grande quantidade, essa água pressionada comprimirá tudo aquilo que envolve: assim, o balão mole será bem visivelmente comprimido; mas o balão duro não será mais comprimido do que se nada o pressionasse, nem a mosca, que não sentirá nenhuma dor sob esse grande peso; pois será vista passeando com liberdade e vivacidade ao longo do vidro ou mesmo voando logo que seja libertada dessa prisão[81].

Não é preciso ser muito brilhante para tirar dessa experiência tudo aquilo que já demonstramos.

Vê-se que esse peso pressiona todos esses corpos tanto quanto pode.

Vê-se que ele comprime o balão mole; conseqüentemente, pressiona também aquele que está ao lado; pois a mesma razão vale para ambos. Mas vê-se que esse não parece sofrer nenhuma compressão[82].

De onde vem portanto essa diferença? E de onde ela poderia vir? Apenas da única coisa em que eles diferem: que é que um deles está cheio de um ar pressionado, pois foi soprado com força, enquanto que o outro está apenas cheio pela metade e assim o ar mole que está dentro de um é capaz de uma grande compressão da qual o outro é incapaz, pois está bem compacto e a água que o empurra, cercando-o em todos os lados, não pode fazer um efeito sensível, pois ele está arqueado em todos os lados.

Vê-se também que esse animal não é comprimido; e por quê? Pela mesma razão que o balão cheio de ar não o é. E enfim, vê-se que eles não sentem nenhuma dor, pela mesma causa.

Se colocarmos no fundo desse tubo uma pasta ao invés de água e o balão e essa mosca nessa pasta, colocando o pistão acima e pressionando-o, a mesma coisa aconteceria[83].

Portanto, como essa condição de ser pressionado em todos os lados faz com que a compressão não possa ser sensível nem dolorosa, não se deve concordar que essa seja a única razão que torna o peso da água insensível aos animais que lá estão?

---

[81] Uma mosca pode sobreviver um longo tempo dentro da água, como Aristóteles já havia indicado ao discutir a respiração dos animais.

[82] Pascal novamente afirma que um balão cheio de ar não é compressível, o que é incorreto.

[83] Outro experimento difícil de realizar. Como colocar e retirar a mosca de uma pasta (que precisaria ser insolúvel em água), sem matá-la?

Não mais se diga portanto que é porque a água não pesa sobre ela mesma, pois ela pesa sempre igualmente; ou que ela pesa de uma maneira diferente dos corpos sólidos, pois todos os pesos são da mesma natureza; e eis um peso sólido que uma mosca suporta sem senti-lo.

E se quisermos ainda uma coisa mais notável, que se retire o pistão e que se derrame água no tubo até que a água que se tenha colocado no lugar do pistão pese tanto quanto o próprio pistão: sem dúvida a mosca não sentirá mais esse peso da água do que aquele do pistão. De onde vem portanto essa insensibilidade sob um peso tão grande nesses dois exemplos? Será por que o peso é de água? Não; pois, quando o peso é sólido, ocorre o mesmo. Digamos portanto que é apenas porque esse animal está cercado de água, pois apenas isso é comum aos dois exemplos; portanto essa é a verdadeira razão.

Também, se acontecesse que toda água que está acima desse animal viesse a se congelar, desde que restasse pelo menos um pouco de líquido abaixo dela e que assim ele estivesse cercado por ela, não sentiria o peso desse gelo assim como não havia sentido antes o peso da água.

E se toda a água de um rio se congelasse, com exceção daquela que estivesse a 1 pé acima do fundo, os peixes que aí nadassem não sentiriam nem o peso desse gelo nem o da água em que ela se derretesse depois.

E assim os animais na água não sentem seu peso; não porque a água não pese sobre eles mas porque é a água que os cerca.

SEGUNDA PARTE: TRATADO SOBRE O PESO DA MASSA DO AR

Capítulo 1: Que a massa do ar tem peso e que pressiona por seu peso todos os corpos que encerra

Não mais se nega hoje em dia que o ar pesa; sabe-se que um balão pesa mais quando cheio do que vazio: e isso é suficiente para tirar a conclusão; pois se ele fosse leve, quanto mais fosse colocado no balão, mais o todo teria de leveza; pois o todo teria mais do que uma parte somente. Ora, como pelo contrário, quanto mais se coloca, mais o conjunto pesa, segue-se que cada parte é por si mesma pesada e que portanto o ar é pesado.

Aqueles que quiserem provas mais longas não precisam senão procurá-las nos autores que trataram disso.

Se objetarem que o ar é leve quando é puro mas que aquele que nos cerca não é o ar puro, pois está misturado a vapores e a corpos grosseiros e é apenas por causa desses corpos estranhos que ele é pesado, respondo, em uma palavra, que não conheço esse ar puro e que seria talvez difícil encontrá-lo; mas falo, em todo o meu discurso, apenas do ar tal como ele está no estado no qual o respiramos, sem pensar se ele é composto ou não; e é esse corpo, simples ou composto, que chamo de ar e do qual digo que é pesado; o que não pode ser negado; e isso é tudo o que me é necessário no que se segue.

Tendo colocado esse princípio, só me deterei para tirar dele algumas conseqüências.

1. Já que cada parte do ar possui peso, segue-se que a massa inteira de ar, quer dizer, toda a esfera de ar, é pesada; e como a esfera de ar não é infinita em sua extensão, ela tem limites, também o peso da massa de todo ar não é infinito.
2. Como a massa da água do mar pressiona pelo seu peso a parte de terrra que está em seu fundo e se ela cercasse toda a Terra, ao invés de cobrir apenas uma sua parte, pressionaria por seu peso toda a superfície da Terra: assim, como a massa de ar recobre toda a superfície da Terra, esse peso a pressiona em todas as partes.
3. Como o fundo de um vaso onde existe água é mais pressionado pelo peso da água quando está todo cheio do que quando está pela metade e ele o é tanto mais quanto não são tão pressionados pelo peso da massa de ar quanto os lugares profundos, como os vales; pois existe mais ar acima dos vales do que acima dos picos das montanhas, uma vez que todo o ar que está ao longo da montanha pesa sobre o vale e não sobre o cume; pois ele está acima de um e está abaixo do outro.
4. Como os corpos que estão na água são pressionados em todos os lados pelo peso da água que está acima, como mostramos no *Tratado sobre o equilíbrio dos líquidos*; assim também os corpos que estão no ar são pressionados em todos os lados pelo peso da massa do ar que está acima.
5. Assim como os animais que estão na água não sentem o seu peso; nós não sentimos o peso do ar, pela mesma razão: e como não se poderia concluir que a água não tem peso porque não se sente esse peso quando se está nela mergulhado; da mesma forma não se pode concluir que o ar não tem peso por não o sentirmos. Nós mostramos a razão desse efeito no *Equilíbrio dos líquidos*.
6. Assim como ocorreria com uma grande quantidade de lã, se ela fosse reunida até a altura de 20 ou 30 toesas, que essa massa seria comprimida por si mesma por seu próprio peso e a que estivesse ao fundo estaria bem mais comprimida do que aquela que estivesse no meio ou próxima do topo, pois seria pressionada por uma maior quantidade de lã; da mesma forma, a massa de ar, que é um corpo compressível e pesado assim como a lã, comprime-se ela mesma por seu próprio peso; e o ar que está embaixo, quer dizer, nos lugares profundos, é bem mais comprimido do que aquele que está mais alto, como no pico das montanhas, pois ele é pressionado por uma maior quantidade de ar[84].
7. Assim como aconteceria nessa massa de lã, se tomássemos um punhado dela que está no fundo, no estado comprimido em que se encontra e se ela fosse retirada, mantendo-a sempre pressionada do mesmo modo, no meio dessa massa, ela aumentaria por si mesma de tamanho, quando se aproximasse do alto, porque teria uma menor quantidade de lã para suportar nesse novo lugar. Assim, se transportássemos ar, do modo como ele está aqui embaixo, e comprimido como ele o está, até o pico da montanha, por algum artifício que o permitisse, ele deveria aumentar por si mesmo e atingir

---

[84] Essa comparação com a lã lembra uma analogia idêntica de Descartes, vinte anos antes (ver primeira parte deste volume).

o mesmo estado que aquele que o cerca sobre essa montanha, pois estaria menos pressionado pelo ar nesse lugar do que o estava embaixo; e, conseqüentemente, se tomássemos um balão cheio de ar apenas pela metade e não totalmente inflado, como o são ordinariamente, levando-o para cima de uma montanha, deveria acontecer que ele ficaria mais inflado no alto da montanha e deveria aumentar de tamanho à proporção que estivesse menos pressionado; e a diferença deveria ser visível se a quantidade de ar que está ao longo da montanha e pela qual ele é pressionado, tivesse um peso bastante considerável para causar um efeito e uma diferença sensível.

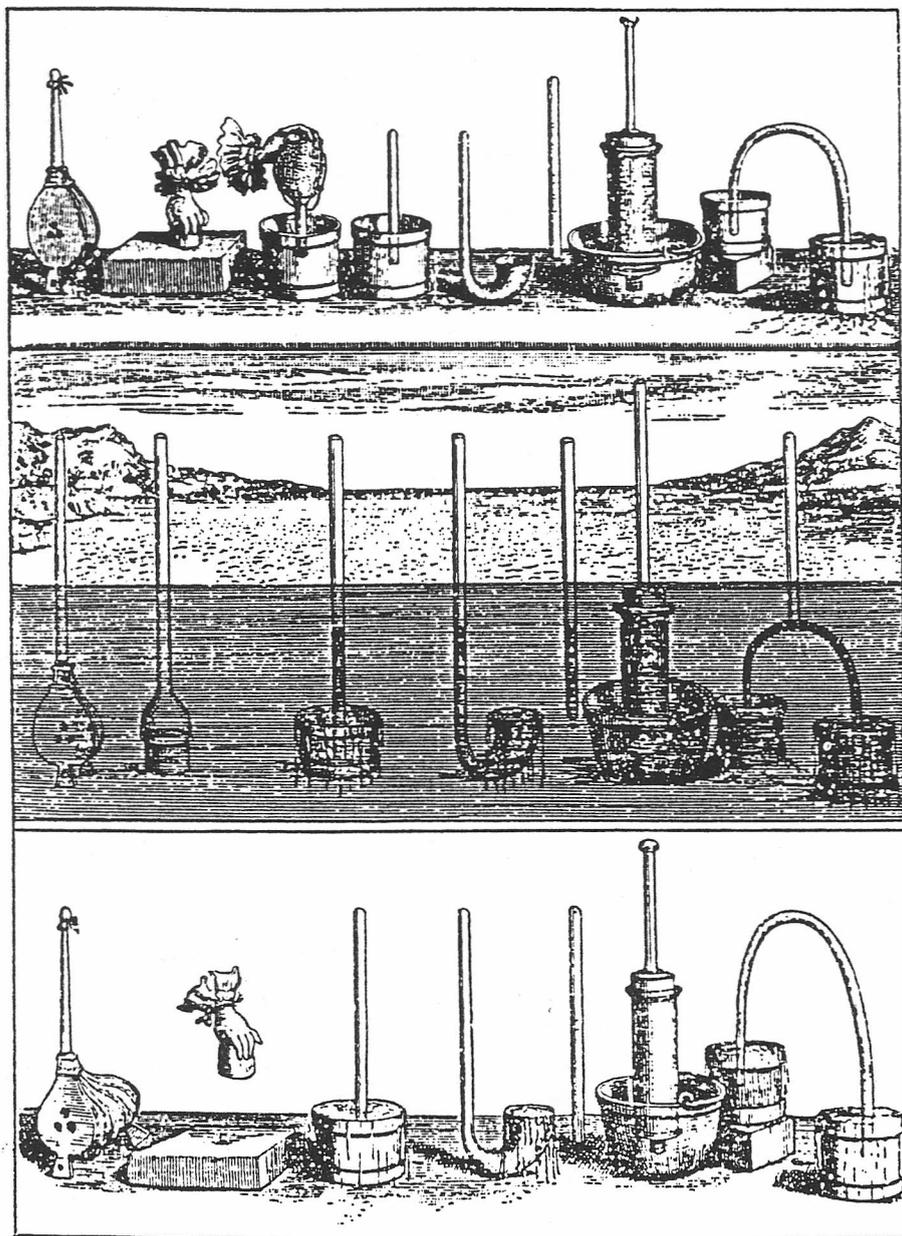
Existe uma ligação tão necessária dessas conseqüências com seu princípio que um não poderia ser verdadeiro sem que os outros o fossem igualmente; e como seguramente o ar que se estende da terra até o alto de sua esfera tem peso, tudo aquilo que aí concluímos é igualmente verdadeiro.

Mas por maior que seja a certeza que se encontra nessas conclusões, parece-me que não há nenhuma pessoa que, mesmo as aceitando, não quisesse ver essa última conseqüência confirmada pela experiência, pois ela contém todas as outras e o seu próprio princípio; pois é certo que, se víssemos um balão, tal como o representamos, inflar-se à medida que o elevássemos, não haveria modo de duvidar que esse crescimento não fosse proveniente de que o ar do balão estava mais pressionado embaixo do que em cima, pois não existe nenhuma outra coisa que pudesse fazer com que ele se inflasse, visto que faz até mesmo mais frio sobre as montanhas do que nos vales; e essa compressão do ar do balão não poderia ter outra causa senão o peso da massa do ar: pois ele foi tomada tal como estava embaixo e sem o comprimir, já que o mesmo balão estava flácido e apenas cheio pela metade; e portanto isso provaria absolutamente que o ar é pesado; que a massa do ar é pesada; que ela pressiona por seu peso todos os corpos que encerra; que ela pressiona mais os lugares baixos do que os lugares altos; que ela própria se comprime por seu peso; que o ar é mais comprimido embaixo do que é no alto[85]. E como na Física as experiências possuem muito mais força para persuadir do que os raciocínios, não duvido que seja desejável ver uns confirmados pelos outros.

Mas se fizéssemos a experiência, eu teria a seguinte vantagem, que, no caso em que não acontecesse nenhuma diferença com o tamanho do balão sobre as mais altas montanhas, isso não destruiria aquilo que concluí; pois eu poderia dizer que eles ainda não atingiram uma altura suficiente para produzir uma diferença sensível: enquanto, se ocorresse uma diferença extremamente considerável, como de 1/8 ou 1/9, certamente ela seria para mim totalmente convincente; e não poderia restar dúvida nenhuma da verdade de tudo aquilo que estabeleci.

Mas estou atrasando muito; é preciso dizer que o teste foi feito e que foi bem sucedido.

---

[85] Esse experimento é totalmente equivalente ao executado por Périer no Puy-de-Dôme, com a desvantagem de ser apenas qualitativo. Da mesma forma, o experimento é tão pouco crucial quanto aquele.

Experiência feita em dois lugares, um elevado cerca de 500 toesas acima do outro.

Se tomarmos um balão cheio pela metade de ar, flácido e mole, levando-o pela extremidade de um fio até o topo de uma montanha com a altura de 500 toesas, acontecerá que, à medida que se sobe, ele se inflará por si mesmo e, quando estiver no alto, estará totalmente cheio e inchado como se houvéssemos soprado ar dentro dele; e, ao descer, diminuirá pouco a pouco pelos mesmos graus; de modo que, ao chegar embaixo, terá voltado ao seu estado inicial[86].

Essa experiência prova tudo aquilo que falei sobre a massa do ar, com uma força totalmente convincente: por isso era necessário estabelecê-la bem, pois é o fundamento de todo esse discurso.

Não resta senão observar que a massa de ar pesa mais em um tempo do que em outro; a saber, quando está mais carregado de vapores ou mais comprimido pelo frio.

Notemos portanto, 1. que a massa de ar possui peso; 2. que ela tem um peso limitado; 3. que ela pesa mais em algumas épocas do que em outras; 4. que ela é mais pesada em certos lugares, como nos vales, do que em outros; 5. que ela pressiona por seu peso todos os corpos que encerra e tanto mais quanto mais peso ela tiver.

Capítulo 2: Que o peso da massa de ar produz todos os efeitos que até hoje se atribuiu ao horror ao vazio.

Este capítulo está dividido em duas seções: na primeira, há uma descrição dos principais efeitos que se atribuiu ao horror ao vazio; na segunda, mostra-se que eles provêm do peso do ar.

Seção primeira. Descrição dos efeitos que são atribuídos ao horror ao vazio.

Supõe-se que a natureza produz vários efeitos por um horror que ela tem ao vazio; eis os principais.

I. Um fole, do qual todas as aberturas estão bem fechadas, é difícil de abrir; e, ao se tentar fazê-lo, sente-se resistência, como se elas estivessem coladas. E o pistão de uma seringa tampada resiste quando se tenta puxá-lo, como se estivesse preso ao fundo.

Pretende-se que essa resistência vem do horror que a natureza tem pelo vazio, que surgiria no fole, se ele pudesse ser aberto; o que se confirma porque ela cessa de existir quando ele é destampado e o ar pode nele entrar para preenchê-lo, quando ele é aberto.

---

[86]Pascal teria realizado esse experimento em fins de 1649 ou início de 1650, ao passar uma temporada em Clermont. O experimento é descrito por Gassendi, em uma carta de agosto de 1652 (ver *nota* à pág. 200 do vol. 3, *Oeuvres* de Pascal, ed. Brunschvicg). No entanto, pode-se duvidar do seu êxito. De fato, a diferença de pressão entre o sopé do Puy-de-Dôme e seu pico era, de acordo com o experimento de Périer, de apenas 1/8 da pressão total (ou, mais exatamente, uma variação de 37,5 linhas de um total de 315,5 linhas da coluna de mercúrio). Se a temperatura fosse constante, o aumento do volume do ar do balão seria de 1/8. Como no topo da montanha a temperatura pode ser 10 ou 20°C inferior à temperatura da base, o aumento será inferior a 1/8. É absurdo, assim, dizer que o balão estava cheio *pela metade* no vale e que estava *totalmente cheio* no topo da montanha.

II. Dois corpos polidos, estando pressionados um contra o outro, são difíceis de separar e parecem aderir.

Também um chapéu, sendo colocado sobre uma mesa, é difícil de erguer de um só golpe.

Da mesma forma, um pedaço de couro colocado sobre uma tábua e erguido rapidamente, arranca-a e ergue-a.

Pretende-se que essa aderência vem do horror que a natureza tem pelo vazio que ocorreria durante o tempo que é necessário ao ar para chegar das extremidades até o meio.

III. Estando uma seringa mergulhada na água, puxando-se o pistão, a água o segue e sobe como se ela lhe aderisse.

A água também sobe em uma bomba aspirante, que não é propriamente senão uma longa seringa e segue seu pistão, quando ele é erguido, como se ela lhe aderisse.

Pretende-se que essa elevação da água vem do horror que a natureza tem pelo vazio que surgiria no lugar que o pistão deixa, se a água não subisse, pois o ar não pode aí entrar; o que se confirma porque se são feitas fendas por onde o ar possa entrar, a água não se eleva.

Da mesma forma, se for colocada a extremidade de um fole na água, abrindo-o rapidamente, a água aí sobe para preenchê-lo, pois o ar não pode aí entrar principalmente se forem tampados os furos que estão em uma das asas.

Da mesma forma, quando se coloca a boca na água e se suga, puxa-se a água pela mesma razão; pois o pulmão é como um fole, sendo a boca como a abertura.

Assim, respirando-se, puxa-se o ar, como um fole, ao se abrir, puxa o ar para preencher sua capacidade.

Assim, quando são colocadas velas acesas em um prato cheio de água, com um vidro por cima, à medida que o fogo das velas se extingue, a água sobe dentro do vidro, pois o ar que está dentro do vidro e que foi rarefeito pelo fogo, ao se condensar pelo frio, puxa a água e a faz subir consigo, atraindo-a para preencher o espaço que ele abandona; como o pistão de uma seringa atrai a água consigo quando é puxado.

Da mesma forma, as ventosas puxam a carne e formam uma bolha; pois o ar da ventosa, que está rarefeito pelo fogo da chama, condensando-se pelo frio quando o fogo se extingue, puxa a carne consigo para preencher o espaço que abandona, como puxava a água no exemplo precedente.

IV. Se for colocada uma garrafa cheia de água e invertida com o gargalo para baixo em um recipiente cheio de água, a água da garrafa permanece suspensa sem cair.

Supõe-se que essa suspensão vem do horror que a natureza tem pelo vazio que surgiria no lugar que a água abandonaria caindo, pois o ar não pode substituí-la; e isso é confirmado porque se for feita uma fenda por onde o ar possa entrar, toda a água cai imediatamente.

Faz-se o mesmo teste com um tubo longo, por exemplo, de 10 pés, tampado pela extremidade de cima e aberto pela de baixo; pois, se está cheio de água e a extremidade de baixo está mergulhada em um recipiente cheio de água, ela permanecerá toda suspensa no tubo, enquanto que cairia incontinente se fosse destampado o alto do tubo.

Pode-se fazer a mesma coisa com um tubo semelhante, tampado em cima e recurvado na extremidade de baixo, sem colocá-lo em recipiente cheio de água, como se havia colocado o outro: pois, se ele está cheio de água, ela nele permanecerá assim suspensa; enquanto que, se for destampado o alto, ela jorrará imediatamente com violência pela extremidade recurvada em forma de um jato de água.

Enfim, pode-se fazer a mesma coisa com um simples tubo, sem que ele esteja recurvado, desde que ele seja bastante fino embaixo: pois, se ele estiver tampado em cima, a água aí permecerá suspensa; enquanto que ela cairia violentamente, se fosse destampada a extremidade de cima.

Assim é que um tonel cheio de vinho não solta nem uma gota, mesmo se a torneira for aberta, se não for destampado o alto para permitir a entrada de ar.

V. Se for preenchido de água um tubo feito em forma de crescente invertido, aquilo que se chama ordinariamente de sifão, do qual cada perna mergulha num recipiente cheio de água, por menos que um dos recipientes esteja mais alto do que o outro, toda a água do recipiente mais elevado subirá na perna que aí mergulha até o alto do sifão e entrará pela outra no recipiente mais baixo em que ela mergulha; de modo que, se sempre colocarmos água no recipiente mais elevado, esse fluxo será contínuo.

Pretende-se que essa elevação da água vem do horror que a natureza tem pelo vazio que surgiria no sifão, se a água desses dois ramos caísse em seus recipientes como ela cai realmente quando se faz uma abertura por onde o ar possa entrar no alto do sifão.

Existem vários outros efeitos parecidos que omito porque são todos semelhantes a esses dos quais falei e porque neles apenas aparece que todos os corpos contíguos resistem ao esforço que se faz para separá-los quando o ar não pode entrar entre eles: seja que esse esforço vem de seu próprio peso, como nos exemplos onde a água sobe e permanece suspensa apesar de seu peso; seja que provém de forças que são empregadas para desuni-los, como nos primeiros exemplos.

Eis quais são os efeitos que se atribui vulgarmente ao horror ao vazio: vamos mostrar que eles provêm do peso do ar.

Seção segunda. Que o peso da massa do ar produz todos os efeitos que foram atribuídos ao horror ao vazio.

Se foi bem compreendido, no *Tratado sobre o equilíbrio dos líquidos*, de que maneira eles pressionam por seu peso todos os corpos que neles estão, não se terá dificuldade em compreender como o peso da massa do ar, agindo sobre todos os corpos, aí produz todos os efeitos que se havia atribuído ao horror ao vazio; pois são totalmente semelhantes, como vamos mostrar para cada um.

I. *Que o peso da massa do ar produz a dificuldade de abrir um fole tampado.*

Para explicar como o peso da massa do ar causa a dificuldade que se sente em abrir um fole, quando o ar não pode aí entrar, mostrarei uma resistência semelhante causada pelo peso da água. Para isso é preciso retornar em memória ao que já foi dito no *Equilíbrio dos líquidos* (figura XIV), que um fole cujo tubo tem um comprimento de 20 pés ou mais, sendo colocado dentro de uma cuba cheia de água, de modo que a extremidade do tubo saia para fora da água, é difícil abrí-lo e tanto mais quanto maior for a altura da água; o que claramente provém do peso da água que está acima; pois, quando não há

água, é muito fácil abri-lo; e, à medida que aí se derrama [água], essa resistência aumenta e é sempre igual ao peso da água que ele sustenta, pois, como essa água não pode aí entrar porque o tubo está fora da água, não se poderia abri-lo sem erguer e sustentar toda a massa da água; pois aquela que se afasta abrindo-o, não podendo entrar dentro do fole, é forçada a se deslocar para outro lugar e assim faz subir a água, o que não pode ser feito sem esforço; enquanto que, se estivesse aberto e a água aí pudesse entrar, ele seria aberto e fechado sem resistência, porque a água aí entraria por essas aberturas à medida que fosse aberto e assim, abrindo-o, não se ergueria a água.

Não creio que ninguém se veja tentado a dizer que essa resistência provém do horror ao vazio, e é absolutamente certo que ela provém apenas do peso da água.

Ora, aquilo que dissemos sobre a água deve ser entendido a respeito de qualquer outro líquido; pois, se ele for colocado em uma cuba cheia de vinho, sentir-se-á uma resistência semelhante em abrí-lo; e o mesmo no leite, mercúrio e enfim em qualquer líquido que seja. É portanto uma regra geral e um efeito necessário do peso dos líquidos: que, se um fole é colocado em qualquer líquido, de modo que ele não tenha nenhum acesso ao corpo do fole, o peso do líquido que está acima faz com que não se possa abri-lo sem sentir resistência, pois não seria possível abri-lo sem sustentá-lo; e, conseqüentemente, aplicando-se essa regra geral ao ar em particular, será verdadeiro que, quando um fole é tampado, de modo que o ar não tenha acesso a ele, o peso da massa de ar que está acima faz que não se possa abri-lo sem sentir resistência, pois não se poderia abri-lo sem fazer erguer toda a massa de ar: mas, desde que se faça aí uma abertura, ele é aberto e fechado sem resistência, pois o ar pode aí entrar e sair e, assim, abrindo-o não se ergue mais a massa do ar; o que está de acordo com o exemplo do fole na água.

Por aí vê-se que a dificuldade em abrir um fole tampado não é senão um caso particular da regra geral da dificuldade de abrir um fole em qualquer líquido que seja, se este não tiver acesso a seu interior.

Aquilo que dissermos sobre esse efeito iremos dizer de cada um dos outros, porém mais sucintamente.

II. *Que o peso da massa do ar é a causa da dificuldade que se sente ao separar dois corpos polidos, colocados um contra o outro.*

Para explicar como o peso da massa do ar causa a resistência que se sente quando se quer separar dois corpos polidos que estão aplicados um contra o outro, darei um exemplo de uma outra resistência totalmente semelhante causada pelo peso da água que não deixará nenhuma dúvida de que o ar cause esse efeito.

É preciso também aqui recordar aquilo que foi relatado no *Equilíbrio dos líquidos* (figura XI).

Colocando-se um cilindro de cobre feito no torno na abertura de um funil feito também no torno, de tal forma que eles se ajustem tão perfeitamente que esse cilindro entre e corra facilmente nesse funil, sem que, no entanto, a água possa correr entre os dois; e colocando-se essa máquina dentro de uma cuba cheia de água, de modo no entanto que a cauda do funil saia para fora da água, fazendo-a ter o comprimento de 20 pés, se for necessário; se esse cilindro estiver 15 pés dentro da água e, segurando-se o funil com a mão, larga-se o cilindro, permitindo-se que lhe aconteça o que acontecer, ver-se-á que não apenas ele não cairá, embora não exista nada que pareça segurá-lo; mas, ain-

da, que será difícil arrancá-lo do funil, embora ele não esteja aderido de forma nenhuma; enquanto que cairia por seu peso violentamente, se não estivesse senão 4 pés dentro da água e ainda mais se estivesse completamente fora da água. Mostrei assim a razão, que é que a água tocando-o por baixo e não por cima (pois ela não toca a face de cima, pois o funil impede que ela aí possa chegar) ela o empurra pelo lado que toca para aquele que não toca e assim, ela o empurra para cima e o pressiona contra o funil.

A mesma coisa deve ser compreendida com relação a qualquer outro líquido; conseqüentemente, se dois corpos são polidos e aplicados um contra o outro, segurando o de cima com a mão e abandonando aquele que lhe está encostado, deve acontecer que o de baixo permaneça suspenso, pois o ar o toca por baixo e não por cima; pois não tem acesso entre os dois: e, todavia, não pode chegar à face por onde eles se tocam; daí se segue, por um efeito necessário do peso de todos os líquidos em geral, que o peso do ar deve empurrar esse corpo para cima e pressioná-lo contra o outro; de modo que, se tentamos separá-los, sente-se uma extrema resistência: o que está totalmente de acordo com o efeito do peso da água.

Daí se vê que a dificuldade em separar dois corpos polidos é apenas um caso particular da regra geral do impulso de todos os líquidos em geral contra um corpo que eles tocam por uma de suas faces e não pela que lhe é oposta.

III. *Que o peso da massa do ar é a causa da elevação da água nas seringas e nas bombas.*

Para explicar como o peso da massa do ar faz a água subir nas bombas, à medida que se puxa o pistão, mostrarei um efeito totalmente semelhante do peso da água, que fará compreender perfeitamente a razão desse modo.

Coloque-se em uma seringa um pistão bem comprido, por exemplo, de 10 pés, e oco em todo seu comprimento, com uma válvula na extremidade de baixo disposta de tal maneira que permita a passagem de cima para baixo e não de baixo para cima; e assim essa seringa será incapaz de puxar a água ou qualquer outro líquido acima do nível do líquido, pois o ar pode aí entrar com toda liberdade pelo buraco do pistão: colocando a abertura dessa seringa em um recipiente cheio de mercúrio, e o conjunto em um recipiente cheio de água, de modo, no entanto, que o alto do pistão saia para fora da água, acontecerá que, se o pistão for puxado, o mercúrio subirá, como se lhe aderisse; enquanto que não subirá de modo nenhum se não houver água nessa cuba, porque o ar tem um acesso totalmente livre pela perna do pistão oco, para entrar no corpo da seringa. Isso não ocorre portanto por medo ao vazio; pois mesmo se o mercúrio não subisse à medida que o pistão o abandona, não ocorreria o vazio, pois o ar aí pode entrar com toda liberdade; mas é apenas porque o peso da massa da água pesa sobre o mercúrio do recipiente e o pressiona em todas as suas partes, exceto aquelas que estão na abertura da seringa (pois a água não pode aí chegar, por ser impedida pelo corpo da seringa e pelo pistão): esse mercúrio, pressionado em todas suas partes menos uma, é empurrado pelo peso da água para esta, logo que o pistão, erguendo-se, deixa um lugar livre para que ele entre e equilibre na seringa o peso da água que pesa fora.

Mas se fizermos fendas na seringa por onde a água possa entrar, o mercúrio não subirá mais, pois a água aí penetra e toca tanto as partes do mercúrio que estão na boca

da seringa quanto as outras; e, assim, tudo estando igualmente pressionado, nada sobe. Tudo isso foi claramente demonstrado no *Equilíbrio dos líquidos*.

Vê-se nesse exemplo como o peso da água faz subir o mercúrio; e poder-se-ia obter um efeito semelhante com o peso da areia, retirando toda água dessa cuba; se, no lugar dessa água, aí se derramar areia, ocorrerá que o peso da areia fará subir o mercúrio na seringa, pois ele o pressiona da mesma forma que a água faz, em todas as suas partes exceto aquela que está na boca da seringa; e assim o empurra e força a subir.

E se colocarmos as mãos sobre a areia e a pressionarmos, far-se-á com que o mercúrio suba mais ainda dentro da seringa, até uma altura em que ele possa contrabalançar o esforço externo[87].

A explicação desses efeitos faz entender bem facilmente por que o peso do ar faz subir a água nas seringas ordinárias, à medida que se ergue o pistão; pois o ar, tocando a água do recipiente em todas as suas partes, exceto naqueles que estão na abertura da seringa onde não tem acesso, pois a seringa e o pistão o impedem, vê-se que esse peso do ar, pressionando-a em todas as suas partes, exceto apenas nessa, deve empurrá-la e fazê-la subir, à medida que o pistão, erguendo-se, deixa-lhe um lugar livre para aí penetrar e contrabalançar dentro da seringa o peso do ar que pesa fora, pela mesma razão e com a mesma necessidade que o mercúrio subia, pressionado pelo peso da água e pelo da areia, no exemplo que acabamos de dar.

É, portanto, visível que a elevação da água nas seringas não é senão um caso particular dessa regra geral, que um líquido, sendo pressionado em todas as suas partes, exceto em uma, pelo peso de qualquer outro líquido; esse peso o empurra para o lugar onde não é pressionado[88].

IV. *Que o peso da massa do ar produz a suspensão da água nos tubos tampados no alto.*

Para explicar como o peso do ar mantém a água suspensa nos tubos tampados em cima, mostraremos um exemplo completamente semelhante de uma suspensão causada pelo peso da água, que mostrará perfeitamente sua razão.

E, primeiramente, pode-se dizer de início que esse efeito está totalmente compreendido no precedente; pois como mostramos que o peso do ar faz subir a água nas seringas e que ela aí se mantém suspensa, da mesma forma o mesmo peso do ar mantém a água suspensa em um tubo. Para que não falte a esse efeito um semelhante ao qual ele possa ser comparado, como os outros, diremos que para isso basta retornar àquilo que disse-

---

[87] Isso só poderia ocorrer se *toda* a superfície da areia fosse pressionada pelas mãos, o que é, na prática, impossível (principalmente porque o tubo está no meio da cuba). O que ocorrerá será que uma parte da areia será empurrada para baixo e que o mercúrio empurrará outra parte da areia para cima, onde a mão não a tocar.

[88] Pascal forneceu uma explicação possível (e que é atualmente aceita) para o que ocorre nas seringas; mas não provou que essa explicação é a verdadeira. Só poderia fazê-lo se provasse que nenhuma outra explicação é possível.

mos no *Equilíbrio dos líquidos* (figura IX), que um tubo de comprimento de 10 pés ou mais e recurvado em baixo, cheio de mercúrio, sendo colocado em uma cuba cheia de água, de modo que a extremidade de cima saia da água, o mercúrio permanece suspenso em parte dentro do tubo; a saber, até a altura em que é capaz de contrabalançar a água que pressiona por fora; e que mesmo uma suspensão semelhante ocorre em um tubo não recurvado e que está simplesmente aberto em cima e embaixo, de modo que a extremidade de cima esteja fora da água.

Ora, é evidente que essa suspensão não ocorre pelo horror ao vazio, mas apenas porque a água, pressionando fora do tubo e não dentro, tocando o mercúrio em um lado e não do outro, o mantém suspenso por seu peso a uma certa altura: assim, se perfurarmos o tubo, de modo que a água aí possa entrar, imediatamente todo o mercúrio cairá, pois a água o toca em todos os lados e, agindo tanto dentro quanto fora do tubo, não produz mais um contrapeso. Tudo isso foi dito no *Equilíbrio dos líquidos*.

Sendo esse um efeito necessário do equilíbrio dos líquidos, não é estranho que, quando um tubo está cheio de água, fechado em cima e recurvado embaixo, a água aí permanece suspensa; pois o ar, pesando sobre a parte da água que está na curvatura e não sobre aquela que está dentro do tubo, pois a tampa o impede, é uma necessidade absoluta que ele sustente a água do tubo suspensa dentro, para contrabalançar seu peso que está fora, do mesmo modo que o peso da água sustentava o mercúrio em equilíbrio no exemplo que acabamos de dar.

E o mesmo ocorre quando o tubo não é recurvado; pois o ar, tocando a água por baixo e não por cima, pois a tampa o impede de aí tocá-la, é uma necessidade inevitável que o peso do ar sustente a água; do mesmo modo que a água sustenta o mercúrio no exemplo que acabamos de dar e a água empurra para cima e sustenta um cilindro de cobre que ela toca por baixo e não por cima; mas, se destamparmos o alto, a água cai; pois o ar a toca embaixo e em cima dentro e fora do tubo.

Por aí se vê que a sustentação que o peso do ar produz nos líquidos que toca de um lado e não do outro é um caso da regra geral que os líquidos contidos em qualquer tubo, imerso em um outro líquido, que os pressione por um lado e não por outro, são mantidos aí suspensos pelo equilíbrio dos líquidos.

V. *Que o peso da massa do ar faz subir a água nos sifões.*

Para explicar como o peso do ar faz subir a água nos sifões, vamos mostrar que o peso da água faz subir o mercúrio em um sifão aberto em cima e onde o ar tem livre acesso; assim se verá como o peso do ar produz esse efeito. É isso que faremos em seguida.

Se um sifão tem uma de suas pernas com a altura de aproximadamente 1 pé e o outro de 1 pé e 1 polegada, e se for feita uma abertura no alto do sifão onde se introduza um tubo com um comprimento de 20 pés e bem soldado a essa abertura; e tendo preenchido o sifão de mercúrio, coloca-se cada uma de suas pernas em um recipiente também cheio de mercúrio e o conjunto em uma cuba cheia de água, a 15 ou 16 pés abaixo da água e que assim a extremidade do tubo saia para fora da água, ocorrerá que, se um desses recipientes estiver apenas um pouco acima do outro, por exemplo, 1 polegada, todo o mercúrio do recipiente mais elevado subirá no sifão até o alto e passará para a outra perna no recipiente mais baixo, por um fluxo contínuo; e, se for sempre recolocado

mercúrio no recipiente mais alto, o fluxo será perpétuo; mas, se for feita uma abertura no sifão por onde a água possa entrar, imediatamente o mercúrio cairá de cada perna em cada um dos recipientes e a água o substituirá.

Essa elevação do mercúrio não ocorre pelo horror ao vazio, pois o ar tem acesso totalmente livre ao sifão: além disso, se fosse retirada a água da cuba, o mercúrio de cada perna recairia em cada um dos seus recipientes e o ar o substituiria no tubo que está completamente aberto.

É portanto visível que o peso da água produz essa elevação, pois ela pesa sobre o mercúrio que está nos recipientes e não sobre aquele que está dentro do sifão; e, por essa razão, ela o força por seu peso a subir e se escoar como o faz; mas, quando se perfura o sifão e ela aí pode entrar, ela não faz mais o mercúrio subir, pois pesa tanto fora quanto dentro do sifão.

Ora, pela mesma razão e com a mesma necessidade que a água assim faz o mercúrio subir em um sifão quando pesa sobre os recipientes e não tem acesso ao interior do sifão; também o peso do ar faz subir a água nos sifões ordinários, pois pesa sobre a água dos recipientes onde suas pernas estão mergulhadas e não tem acesso ao corpo do sifão, pois ele é totalmente fechado; e, quando aí se faz uma abertura, a água não sobe mais; mas cai, pelo contrário, em cada um dos recipientes, e o ar a substitui, uma vez que agora ele pesa igualmente dentro e fora do sifão.

Vê-se que esse último efeito não é senão um caso da regra geral; e, se for bem entendido por que o peso da água faz subir o mercúrio no exemplo que fornecemos, ver-se-á ao mesmo tempo por que o peso do ar faz subir a água nos sifões ordinários; é por isso que é preciso esclarecer bem a razão pela qual o peso da água produz esse efeito e mostrar por que é o recipiente elevado que se esvazia no mais baixo e não o mais baixo no outro.

Para isso, deve-se notar que, como a água pesa sobre o mercúrio que está em cada recipiente e não sobre aquele das pernas que aí mergulham, ocorre que o mercúrio dos recipientes é empurrado pelo peso da água a subir em cada perna do sifão até o alto dele e ainda mais, se puder, porque a água tem 16 pés de altura e o sifão tem apenas 1 pé e porque 1 pé de mercúrio só iguala o peso de 14 pés de água: assim se vê que o peso da água empurra o mercúrio em cada perna até o alto e que tem ainda mais força; por isso o mercúrio de cada perna, sendo empurrado para cima pelo peso da água, luta um contra o outro no alto do sifão e se empurram mutuamente: de modo que é preciso que prevaleça aquele que possui mais força.

Ora, isso será fácil de analisar; pois é claro que, como a água tem mais altura sobre o recipiente de baixo por 1 polegada, ela empurra para cima o mercúrio da perna longa mais fortemente do que aquele da outra, com a força que é proporcionada por 1 polegada de altura; por isso parece inicialmente que deveria resultar que o mercúrio fosse empurrado da perna mais comprida para a mais curta; mas deve-se considerar que o peso do mercúrio de cada perna resiste ao esforço que a água faz para empurrá-lo para cima, mas não resistem igualmente; pois, como o mercúrio da perna longa possui maior altura por 1 polegada, ele resiste mais fortemente com a força que lhe proporciona a altura de 1 polegada: portanto, o mercúrio da perna mais longa é mais empurrado para cima pela força da água da altura de 1 polegada; mas é mais empurrado para baixo por seu

próprio peso, pela força do mercúrio da altura de 1 polegada: ora, 1 polegada de mercúrio pesa mais do que 1 polegada de água: portanto, o mercúrio da perna mais curta é empurrado para cima com mais força; logo, deve subir e continuar a subir enquanto houver mercúrio no recipiente em que ela está mergulhada.

Assim, vê-se que a razão que faz com que o recipiente mais alto se esvazie no mais baixo é que o mercúrio é um líquido mais pesado do que a água. Aconteceria o contrário se o sifão estivesse cheio de óleo, que é um líquido mais leve do que a água e se também os recipientes onde eles mergulham estivessem cheios dele e o conjunto na mesma cuba cheia de água; pois, então, aconteceria que o óleo do recipiente mais baixo subiria e correria pelo alto do sifão para o recipiente mais elevado, pelas mesmas razões que acabamos de dizer; pois a água, empurrando sempre o óleo do recipiente mais baixo com mais força, pois ela tem 1 polegada a mais de altura e o óleo da perna longa resistindo e pesando mais por 1 polegada que tem a mais de altura, ocorreria que 1 polegada de óleo, pesando menos do que 1 polegada de água, o óleo da perna longa seria empurrado para cima com mais força do que o outro; e, portanto, correria e passaria do vaso mais baixo para o mais elevado[89].

E, enfim, se o sifão estivesse cheio de um líquido que pesasse o mesmo que a água da cuba, então, nem a água do recipiente mais elevado passaria para o outro, nem o do mais baixo para o mais elevado; mas tudo permaneceria em repouso, pois, analisando todos os esforços, ver-se-á que eles são todos iguais.

Eis aquilo que era necessário explicar bem, para saber a fundo a razão pela qual os líquidos se elevam nos sifões; após isso é bastante fácil ver por que o peso do ar faz subir a água nos sifões ordinários e por que do recipiente mais elevado para o mais baixo, sem nos determos mais, pois não é senão um caso da regra geral que acabamos de fornecer.

VI. *Que o peso da massa do ar causa o inchamento da carne, quando são aplicadas ventosas.*

Para explicar como o peso do ar faz inchar a carne no lugar onde são colocadas ventosas, relataremos um efeito totalmente semelhante, causado pelo peso da água, que não deixará nenhuma dúvida.

É aquele que descrevemos no *Equilíbrio dos líquidos*, figura XVII, onde mostramos que um homem, colocando contra sua coxa a extremidade de um tubo de vidro com comprimento de 20 pés e se colocando dessa forma no fundo de uma cuba cheia de água, de modo que a extremidade do tubo saia fora da água; ocorre que sua carne incha na parte que está na abertura do tubo, como se alguma coisa a sugasse nesse lugar.

Ora, é evidente que esse inchamento não provém do horror ao vazio, pois o tubo está completamente aberto e ele não ocorreria se houvesse apenas um pouco de água na cuba e é bastante evidente que provém apenas do peso da água; pois essa água, pressionando sua carne em todas as partes do corpo, exceto apenas naquela que está na entrada

---

[89] Outra experiência imaginária e impossível. Se preparássemos um sifão com óleo e dois recipientes cheios de óleo e os colocássemos dentro da água, é claro que o *óleo sairia dos recipientes e flutuaria para a superfície da água*, ao invés de fluir pelo sifão como descreve Pascal.

do tubo (pois ela não tem acesso aí), empurra o sangue e as carnes que estão nessa abertura.

E o que dissemos sobre o peso da água aplica-se ao peso de qualquer outro líquido considerado; pois se ele for colocado em uma cuba cheia de óleo a mesma coisa acontecerá desde que esse líquido o toque em todas as suas partes, exceto uma: mas,se o tubo for retirado, o inchamento desaparece, pois a água afeta essa parte assim como as outras e não produzirá aí mais impressão do que nas outras.

Sendo isso bem compreendido, ver-se-á que é um efeito necessário que quando se coloca uma vela sobre a carne e uma ventosa por cima, assim que o fogo se extingue, a carne incha; pois o ar da ventosa, que foi muito rarefeito pelo fogo, condensando-se pelo frio que ocorre logo que o fogo se extingue, acontece que o peso do ar toca o corpo em todas as partes, exceto naquelas que estão na ventosa; pois não tem acesso aí; e conseqüentemente a carne deve inchar nesse lugar e o peso do ar deve empurrar o sangue e as carnes vizinhas que pressiona para aquele lugar onde não pressiona, pela mesma razão e com a mesma necessidade que o peso da água o fazia no exemplo que fornecemos, quando tocava o corpo em todas as suas partes, exceto em uma apenas: por isso vê-se que o efeito da ventosa é apenas um caso particular da regra geral da ação de todos os líquidos contra um corpo que eles tocam em todas as partes exceto uma.

VII. *Que o peso da massa do ar é a causa da atracão que se faz ao sugar.*

Basta agora uma palavra para explicar por que, quando se coloca a boca sobre a água e ela é sugada, a água aí sobe: pois sabemos que o peso do ar pressiona a água em todas as partes, exceto naquelas que estão na boca; pois ele as toca todas exceto esta; e por isso ocorre que, quando os músculos da respiração, elevando o peito, fazem a capacidade interna do corpo maior, o ar de dentro, tendo mais lugar para preencher do que tinha antes, tem menos força para impedir a água de entrar na boca do que o ar de fora, que pesa sobre essa água de todos os lados fora desse ponto, tem para fazê-la subir. Eis a causa dessa atração, que em nada difere da atração das seringas.

VIII. *Que o peso da massa do ar é a causa da atração do leite que as crianças sugam quando são amamentadas.*

É asssim que, quando um bebê coloca sua boca em volta da extremidade da mama de sua ama, quando suga, atrai o leite; pois a mama é pressionada em todos os lados pelo peso do ar que a cerca, exceto no lugar que está dentro da boca da criança; e é por isso que, assim que os músculos da respiração produzem um maior espaço no corpo da criança, como se acabou de dizer, e nada toca a extremidade da mama a não ser o ar de fora, que tem mais força e que a comprime, ele empurra o leite por essa abertura, que possui menos resistência: o que é tão necessário e tão natural quanto o leite sair quando se pressiona a mama entre as duas mãos.

IX. *Que o peso da massa do ar é a causa da atração de ar que se faz ao respirar.*

E, pela mesma razão, quando se respira, o ar entra no pulmão porque, quando o pulmão se abre, e o nariz e todos os condutos estão livres e abertos, o ar que está nesses condutos, empurrado pelo peso de toda sua massa, aí entra e cai pela ação natural e necessária de seu peso; o que é tão inteligível, tão fácil e tão ingênuo, que é estranho que se tivesse procurado o horror ao vazio, qualidades ocultas e causas tão distantes e

tão quiméricas para explicá-lo, pois é tão natural que o ar entre e caia assim no pulmão, à medida que ele se abre, quanto que o vinho caia em uma garrafa quando é aí derramado.

Eis de que modo o peso do ar produz todos os efeitos que se havia até aqui atribuído ao horror ao vazio. Acabei de explicar os principais; se resta algum, é tão fácil entendê-lo a partir desses, que eu acreditaria fazer algo inútil e bastante aborrecido procurando outros para tratá-los detalhadamente: e pode-se até mesmo dizer que todos já foram vistos, em suas fontes, por assim dizer, no tratado precedente, pois todos esses efeitos são apenas casos particulares da regra geral do equilíbrio dos líquidos.

Capítulo 3: Que, assim como o peso da massa do ar é limitado, também os efeitos que ele produz são limitados.

Como o peso do ar produz todos os efeitos que até agora foram atribuídos ao horror ao vazio, deve ocorrer que, como esse peso não é infinito, tendo limites, também seus efeitos devem ser limitados; e é isso que a experiência confirma, como se verá pelas seguintes.

Quando se puxa o pistão de uma bomba aspirante ou de uma seringa, a água o segue; e, se ele continua a se elevar, a água o seguirá sempre, mas não até qualquer altura à qual ele se eleve; pois existe um certo grau do qual ela não passa, que é aproximadamente a altura de 31 pés; de modo que, enquanto o pistão não é elevado a não ser até essa altura, a água se eleva e permanece sempre contígua ao pistão; mas, logo que é elevado mais alto, ocorrerá que o pistão não puxa mais a água e que ela permanece imóvel e suspensa a essa altura, sem se elevar mais: e, a qualquer altura que se eleve o pistão além desse ponto, ela o deixa subir sem segui-lo.

O peso da massa do ar pesa aproximadamente tanto quanto a água à altura de 31 pés; de modo que, como ele faz essa água subir na seringa, pois pesa fora e não dentro para contrabalançá-la, ele a faz subir até a altura em que ela pesa tanto quanto ele e portanto a água na seringa e o ar fora pesam igualmente, tudo permanecendo em equilíbrio, do mesmo modo que a água e o mercúrio se mantêm em equilíbrio quando suas alturas estão entre si como seus pesos, como mostramos no *Equilíbrio dos líquidos*: e como a água não sobe a não ser por essa razão, que o peso do ar a forçava a isso, quando ela chega a essa altura, onde o peso do ar não pode mais fazê-la subir, como nenhuma outra causa a move, ela permanece aí nesse ponto.

E seja qual for a grossura da bomba, a água se eleva sempre à mesma altura, pois os líquidos não pesam de acordo com suas grossuras mas de acordo com suas alturas, como mostramos no *Equilíbrio dos líquidos*.

Se o mercúrio for elevado em uma seringa, subirá até a altura de 2 pés, 3 polegadas e 5 linhas, que é exatamente igual àquela na qual pesa tanto quanto a água a 31 pés, pois pesará então tanto quanto a massa do ar.

E, se elevarmos óleo em uma bomba, ele se elevará aproximadamente até 34 pés e não mais; pois pesa tanto a essa altura quanto a água a 31 pés e, conseqüentemente, tanto quanto o ar; e assim com os outros líquidos.

Um tubo fechado em cima e aberto embaixo, estando cheio de água, se tiver uma altura qualquer que se queira inferior a 31 pés, toda a água aí permanecerá suspensa; pois o peso da massa do ar é capaz de aí sustentá-la.

Mas se tiver mais de 31 pés de altura, acontecerá que a água cairá em parte, a saber: até que tenha baixado de modo que tenha apenas 31 pés de altura; e então, permanecerá suspensa a essa altura, sem baixar mais, do mesmo modo que no *Equilíbrio dos líquidos* se viu que o mercúrio em um tubo colocado em uma cuba cheia de água caia parcialmente, até que o mercúrio ficasse na altura em que pesasse tanto quanto a água.

Mas, se colocarmos nesse tubo mercúrio ao invés de água, acontecerá que o mercúrio cairá até que permaneça à altura de 2 pés, 3 polegadas e 5 linhas, que corresponde exatamente a 31 pés de água.

E se forem um pouco inclinados esses tubos onde a água e o mercúrio ficaram suspensos, acontecerá que esses líquidos subirão até que tenham voltado à mesma altura que tinham e que havia sido reduzida por essa inclinação; pois o peso do ar prevalece enquanto eles estão abaixo dessa altura e está em equilíbrio quando aí chegam; o que é totalmente semelhante ao que foi descrito no *Tratado sobre o equilíbrio dos líquidos*, de um tubo de mercúrio colocado em uma cuba cheia de água; e, erguendo novamente esse tubo, os líquidos descem, para retornarem sempre à mesma altura.

É assim que, em um sifão, toda a água do recipiente mais elevado sobe e passa para o de baixo enquanto o ramo do sifão que aí mergulha é de uma altura qualquer que se queira inferior a 31 pés; pois, como dissemos antes, o peso do ar pode elevar e manter suspensa a água a essa altura; mas, quando o ramo que mergulha no recipiente elevado excede essa altura, o sifão não produz mais seu efeito; quer dizer, a água do recipiente elevado não sobe mais até o alto do sifão para passar para o outro, pois o peso do ar não pode elevá-la a mais de 31 pés: de modo que a água se divide no alto do sifão e cai por cada perna em cada recipiente, até que chegue à altura de 31 pés acima de cada recipiente e permanece em repouso suspensa a essa altura pelo peso do ar que a contrabalança.

Se inclinarmos um pouco o sifão, a água subirá em uma e outra perna, até que chegue à mesma altura que tinha sido diminuída inclinando-o; e se for inclinado de modo que a altura do sifão seja inferior à altura de 31 pés acima do recipiente mais elevado, acontecerá que a água da perna que aí mergulha chegará ao alto do sifão e cairá na outra perna; e, assim, a água do recipiente elevado, seguindo-a sempre, correrá sempre por um pequeno filete apenas; e se inclinarmos mais, a água correrá enchendo totalmente o tubo.

Deve-se entender a mesma coisa a respeito de todos os outros líquidos, observando-se sempre a proporção de seus pesos.

Assim é que, ao se tentar abrir um fole, enquanto não se empregar um certo grau de força, não se conseguirá; mas, caso se passe desse ponto, ele se abrirá. Ora, a força necessária é a seguinte. Se suas asas possuem um pé de diâmetro, será necessário, para abri-lo, uma força capaz de elevar um recipiente cheio de água, com um pé de diâmetro, como suas asas, e com comprimento de 31 pés, que é a altura na qual a água se eleva em uma bomba. Se suas asas possuem apenas 6 polegadas de diâmetro, será

necessário, para abri-lo, uma força igual ao peso da água de um recipiente de 6 polegadas de diâmetro e altura de 31 pés e assim sucessivamente: de modo que pendurando em uma dessas asas um peso igual ao dessa água, ele é aberto; e um peso menor não conseguiria fazê-lo, pois o peso do ar que a pressiona é precisamente igual ao de 31 pés de água[90].

Um mesmo peso puxará o pistão de uma seringa tampada e separará dois corpos polidos aplicados um contra o outro; de modo que, se eles tiverem uma polegada de diâmetro, aplicando-lhes uma força igual ao peso da água de uma polegada de grossura e de 31 pés de altura, eles serão separados.

Capítulo 4: Que, assim como o peso da massa do ar aumenta quando ele está mais carregado de vapores e diminui quando ele está menos, também os efeitos que ele produz aumentam e diminuem proporcionalmente.

Como o peso do ar causa todos os efeitos dos quais tratamos, deve acontecer que, como esse peso não é sempre o mesmo em um mesmo local, variando ainda, conforme os vapores que chegam, seus efeitos não devem ser todavia uniformes mas, ao contrário, variáveis com o tempo: também a experiência o confirma e mostra que a medida de 31 pés de água que fornecemos para servir de exemplo não é uma medida precisa que seja sempre exata; pois a água não se eleva nas bombas e não permanece sempre suspensa a essa altura exatamente; pelo contrário, às vezes ela se eleva a 31,5, pés, depois volta a 31 pés, depois baixa ainda 3 polegadas abaixo, depois sobe de uma só vez um pé, conforme as variações que ocorram ao ar; e tudo isso com a mesma bizarrice com a qual o ar se enevoa e se torna claro[91].

E a experiência mostra que uma mesma bomba às vezes eleva a água mais alto por 1 pé e 8 polegadas do que em outras. De modo que se pode fazer uma bomba e pela mesma razão um sifão de uma tal altura que às vezes produzirão seu efeito e em outros não o farão, conforme o ar esteja mais ou menos carregado de vapores ou por qualquer outra razão pese mais ou menos; o que seria uma experiência bastante curiosa e que seria bastante fácil, utilizando-se mercúrio ao invés de água; pois, desse modo, não se teria mais necessidade de tubos tão longos para fazê-la.

Por aí deve-se compreender que a água permanece suspensa nos tubos a uma menor altura em um tempo do que em outro e que um fole é mais fácil de abrir em um tempo do que em outro pela mesma proporção exatamente: e assim com os outros efeitos; pois aquilo que se diz sobre um convém exatamente a todos os outros, cada um de acordo com sua natureza.

---

[90] No caso do primeiro fole, com asas de um pé de diâmetro, a força correspondente seria igual a um peso de cerca de 730 Kgf; no segundo caso, um peso de cerca de 180 Kgf. Em ambos os casos, como já foi discutido na nota 18 do texto das "Novas experiências", uma pessoa não conseguiria abrir o fole.

[91] A altura da água nas bombas não é um dado mensurável nem confiável; é claro que Pascal está se valendo de dados obtidos com barômetros de mercúrio e inferindo o que ocorreria no caso da água.

Capítulo 5: Que, como o peso da massa de ar é maior nos lugares profundos do que nos lugares elevados, também os efeitos que ela aí produz são proporcionalmente maiores.

Como o peso da massa de ar produz todos esses efeitos dos quais tratamos, deve acontecer que, como não é igual em todos os lugares do mundo, posto que é maior naqueles que estão mais afundados, esses efeitos aí devem ser também diferentes: também a experiência o confirma e mostra que essa medida de 31 pés, que havíamos tomado para servir de exemplo, não é aquela à qual a água se eleva nas bombas em todos os lugares do mundo; pois ela aí se eleva de modos diferentes em todos aqueles que não estão no mesmo nível, subindo mais naqueles que estão mais afundados e menos naqueles que estão mais elavados: de modo que por experiências que foram feitas em lugares elevados um acima do outro por 500 ou 600 toesas, encontrou-se uma diferença de 4 pés e 3 polegadas; de modo que a mesma bomba que eleva a água em um local à altura de 30 pés e 4 polegadas não a eleva no outro, que esteja mais alto por cerca de 500 toesas, senão à altura de 26 pés e 1 polegada, quando o ar possui o mesmo temperamento; havendo aí uma diferença de um sexto.

A mesma coisa deve ser compreendida para todos os outros efeitos, cada um de acordo com sua maneira; isso quer dizer, por exemplo, que dois corpos polidos serão mais difíceis de separar em um vale do que sobre uma montanha, etc[92].

Ora, como 500 toesas de elevação produzem 4 pés e 3 polegadas de diferença na altura da água, alturas menores farão diferenças menores proporcionalmente; a saber, 100 toesas, cerca de 10 polegadas, 20 toesas, cerca de 2 polegadas, etc.

O instrumento mais apropriado para observar todas essas variações é um tubo de vidro fechado acima, recurvado embaixo, de 3 ou 4 pés de altura, no qual se cola uma tira de papel, dividida em polegadas e linhas; pois, se se preencher esse tubo de mercúrio, ver-se-á que ele cai em parte e que permanecerá suspenso em parte; e poder-se-á marcar exatamente o grau no qual ele ficou suspenso; e será fácil observar as variações que aí ocorrerão por parte das mudanças do ar, pelas mudanças do tempo e aquelas que ocorrerão levando-o a um lugar mais elevado; porque deixando-o em um mesmo lugar, ver-se-á que, à medida que o tempo mude, ele subirá e abaixará; e notar-se-á que estará mais alto em um tempo do que em outro por 1 polegada e 6 linhas, que correspondem precisamente a 1 pé e 8 polegadas de água, que indicamos no outro capítulo, para a diferença que ocorre em relação ao tempo[93].

---

[92] Aqui, também, Pascal não está descrevendo o resultado de experimentos reais (como cavar um poço e achar água no alto de uma montanha?). A força necessária para separar duas superfícies polidas varia irregularmente (não depende só da pressão atmosférica mas também de efeitos de aderência das próprias placas) e não poderia ser utilizada para testar a diferença de pressão entre o vale e a montanha.

[93] É difícil imaginar por qual motivo Pascal poderia considerar que o modo "mais apropriado" para fazer o experimento seria o tubo recurvado. Seria possível subir uma montanha de 1.000 metros, com o tubo cheio de mercúrio?

E, levando-o do pé de uma montanha até o seu cume, ver-se-á que, quando se tiver subido 10 toesas, terá baixado aproximadamente 1 linha; quando se tiver subido 20 toesas, terá baixado 2 linhas; quando se tiver subido 100 toesas, terá baixado 9 linhas; quando se tiver subido 500 toesas, terá baixado 3 polegadas e 10 linhas. E, descendo, subirá novamente pelos mesmos graus.

Tudo isso foi testado na montanha do Puy de Dôme em Auvergne, como se verá pela *Descrição dessa experiência* que está após este *Tratado*; e essas medidas em mercúrio correspondem exatamente àquelas que acabamos de dar para a água[94].

A mesma coisa se deve entender em relação à dificuldade em abrir um fole e para o restante.

Assim se vê que a mesma coisa acontece precisamente nos efeitos que o peso do ar produz e naqueles que o peso da água produz; pois vimos que um fole imerso na água é difícil de abrir por causa do peso da água, e ele o é tanto menos quanto mais for elevado próximo à superfície da água; e que o mercúrio em um tubo imerso na água se mantém suspenso a uma altura maior ou menor, conforme esteja mais ou menos mergulhado na água; e todos esses efeitos, seja do peso do ar, seja do da água, são conseqüências tão necessárias do equilíbrio dos líquidos, que não há nada mais claro no mundo.

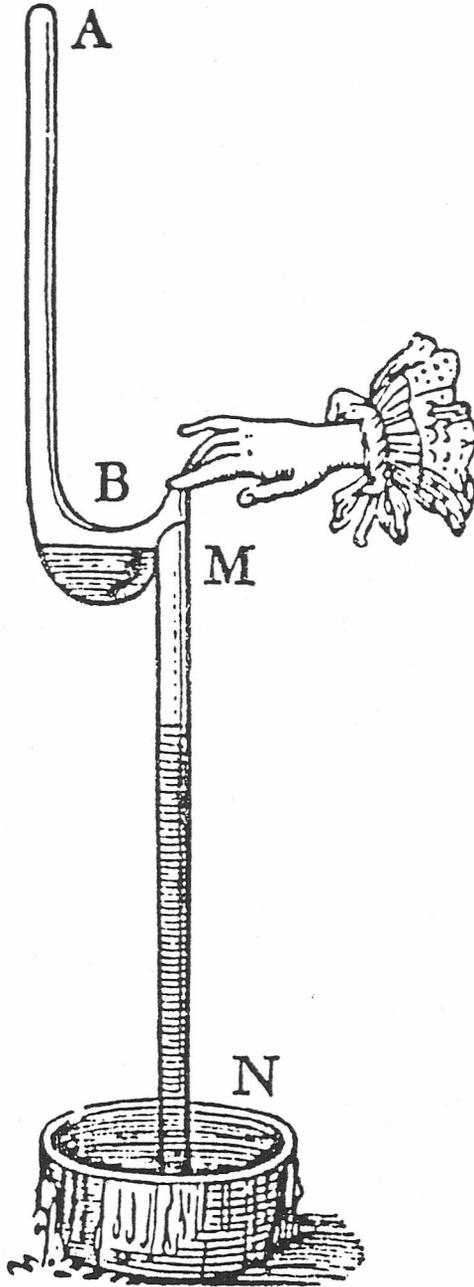
Capítulo 6: Que, como os efeitos do peso da massa do ar aumentam ou diminuem à medida que ele aumenta ou diminui, cessariam completamente quando se estivesse acima do ar, ou em um lugar no qual ele não existisse.

Depois de haver visto até aqui que esses efeitos que eram atribuídos ao horror ao vazio vêm de fato do peso do ar, seguem sempre sua proporção e que, à medida que ele aumenta, eles aumentam; e, à medida que ele diminui, eles diminuem; e que, por essa razão, vê-se que no tubo cheio de mercúrio ele permanece suspenso a uma altura tanto menor quanto mais elevado é o lugar ao qual ele é levado, pois resta menos ar acima dele; da mesma forma que a de um tubo imerso na água abaixa à medida que ele é elevado para a superfície da água, pois resta menos água para contrabalançá-lo; pode-se concluir com segurança que, se ele fosse erguido até o alto da extremidade do ar, e que fosse levado completamente para fora de sua esfera[95], o mercúrio do tubo cairia completamente, pois não haveria mais nenhum ar para contrabalançá-lo, como o do tubo imerso na água cai completamente, quando é retirado totalmente para fora da água.

---

[94] As medidas aqui indicadas por Pascal não correspondem às obtidas por Périer. Para uma altura total de 500 toesas, este havia encontrado uma diferença de três polegadas e uma linha e meia, ao invés de três polegadas e dez linhas, como indica Pascal. Poder-se-ia imaginar que houve outra experiência, posterior, com novos resultados; mas Pascal se refere explicitamente à *Descrição* do experimento realizado por Périer.

[95] Existe aqui a idéia de um "oceano de ar" com uma superfície bem definida: existiria ar até certa altura e nada além dessa altura. Essa idéia é uma decorrência da concepção de que a expansibilidade do ar é limitada, como acreditava Pascal. É também uma concepção 'intuitiva' comum, encontrada em estudantes, até mesmo em nível universitário. Na verdade, a densidade da atmosfera decresce gradualmente (obedecendo a uma lei de tipo exponencial, aproximadamente) e só é possível fixar arbitrariamente onde 'termina'' a atmosfera.

A
B
M
N

A mesma coisa aconteceria se fosse possível retirar todo o ar do quarto onde é feita essa experiência; pois, não havendo mais ar que pese sobre a extremidade do tubo que está recurvado, deve-se crer que o mercúrio cairia, não possuindo mais seu contrapeso.

Mas como tanto uma como a outra dessas experiências é impossível, pois não podemos ir acima do ar e não poderíamos viver em uma câmara da qual todo ar tivesse sido retirado, é suficiente retirar o ar, não de toda a câmara, mas apenas do lugar em torno da extremidade recurvada, para impedir que ele possa aí chegar, para ver se todo o mercúrio cairá, quando não houver mais ar que o contrapese, e será possível fazê-lo facilmente da seguinte forma.

É preciso dispor de um tubo recurvado embaixo, tampado na extremidade A e aberto na extremidade B; e um outro tubo reto, aberto pelas duas extremidade, M e N, mas inserido e soldado pela extremidade M na extremidade recurvada do outro, como é mostrado nessa figura.

É preciso tampar B, que é a abertura da extremidade recurvada do primeiro tubo, com o dedo ou de outra forma, como por exemplo uma bexiga de porco, invertendo todo esse tubo;quer dizer, os dois tubos que na verdade não são senão um, pois se comunicam um com o outro; preenchê-lo de mercúrio e depois colocar a extremidade A para cima e a extremidade M em uma bacia cheia de mercúrio: ocorrerá que o mercúrio do tubo de cima cairá completamente e será todo recebido em sua curvatura, a não ser pela parte que escoará para o tubo de baixo pelo furo M; mas o mercúrio do tubo de baixo cairá apenas em parte e permanecerá também suspenso em parte, a uma altura de 26 a 27 polegadas, conforme o lugar e o tempo em que for feita a experiência. Ora, a razão dessa diferença é que o ar pesa sobre o mercúrio que está na bacia na extremidade do tubo de baixo; e assim ele mantém o mercúrio de dentro suspenso e em equilíbrio; mas não pesa sobre o mercúrio que está na extremidade recurvada do tubo de cima; pois o dedo ou a bexiga que o tampa impedem que ele aí tenha acesso: de modo que, como não há nenhum ar que pese nesse local, o mercúrio do tubo cai livremente, pois nada o sustenta ou se opõe à sua queda.

Mas como nada se perde na natureza, se o mercúrio que está na curvatura não sente o peso do ar porque o dedo que fecha sua abertura o impede, acontece, em troca, que o dedo sofre muita dor; pois ele sustenta todo o peso do ar que o empurra em cima e nada o sustenta por baixo: assim ele se sente pressionado contra o vidro e como puxado e sugado para dentro do tubo, formando-se uma bolha, como se vê com uma ventosa, pois o peso do ar pressionando o dedo, a mão e o corpo inteiro desse homem por todos os lados, exceto apenas na parte que está nesta abertura onde ele não tem acesso, essa parte incha e sofre pela razão da qual já falamos.

E se o dedo for retirado dessa abertura, acontecerá que o mercúrio que está na curvatura subirá de um golpe no tubo até a altura de 26 ou 27 polegadas, pois o ar, caindo também por um golpe sobre o mercúrio, fá-lo-á imediatamente subir à altura capaz de contrabalançá-lo e mesmo, por causa da violência de sua queda, ele o faz subir um pouco além desse ponto; mas cairá em seguida um pouco mais baixo e depois subirá ainda; e após algumas idas e vindas, como de um peso suspenso a extremidade de um fio, permanecerá parado a certa altura à qual contrabalance exatamente o ar.

Por aí se vê que, quando o ar não pesa sobre o mercúrio que está na extremidade recurvada, o do tubo caí completamente e, conseqüentemente, se esse tubo fosse levado a um lugar onde não houvesse ar, ou, se possível, até acima da esfera do ar, cairia completamente.

Conclusão dos três últimos capítulos

Daí se conclui que, à medida que a carga do ar é grande, pequena ou nula, assim a altura na qual a água se eleva na bomba é grande, pequena ou nula e que ela sempre lhe é exatamente proporcional como o efeito à sua causa.

Deve-se entender a mesma coisa em relação à dificuldade de abrir um fole tampado, etc.

Capítulo 7: Quanto a água se eleva nas bombas em cada lugar do mundo.

De todos os conhecimentos que possuímos, segue-se que existirão tantas medidas diferentes da altura à qual a água se eleva nas bombas quanto existem diferentes lugares e diferentes tempos nos quais se faz o teste; e que, assim, caso se pergunte a que altura as bombas aspirantes elevam a água em geral, não se poderia responder precisamente a essa questão, nem mesmo à seguinte: a que altura as bombas elevam a água em Paris, se não se determina também o temperamento do ar, pois elas a elevam mais alto quando ele está mais carregado: mas pode-se dizer a que altura as bombas elevam a água em Paris quando o ar está mais carregado; pois tudo está especificado. Mas sem nos determos nas diferentes alturas às quais a água se eleva em cada lugar, conforme o ar esteja mais ou menos carregado, tomamos a altura na qual ele se eleva quando ele o está medianamente, como a altura natural desse lugar; pois ela se mantém no ponto médio entre as duas extremidades e, conhecendo essa medida, ter-se-á conhecimento dos dois outros, pois bastará adicionar ou diminuir 10 polegadas. Assim, forneceremos a altura em que a água se eleva em todos os lugares do mundo, por mais altos ou profundos que sejam, quando o ar está mediocremente carregado.

Mas antes, deve-se entender que em todas as bombas que estão no mesmo nível, a água se eleva precisamente até a mesma altura (compreendendo-se sempre em um mesmo temperamento do ar); pois o ar aí tendo uma mesma altura e portanto um mesmo peso, esse aí produz efeitos semelhantes[96].

E é por isso que forneceremos inicialmente a altura à qual a água se eleva nos lugares que estão ao nível do mar, posto que o mar está precisamente ao mesmo nível, quer dizer, igualmente distante do centro da terra em todos os seus pontos: pois os líquidos não podem ficar parados de outra forma, uma vez que os pontos que estivessem mais alto correriam para baixo; e assim, a altura onde encontraremos que a água se eleva nas bombas em qualquer lugar que seja, que esteja ao nível do mar, será comum a todos os lugares do mundo que estiverem ao nível do mar: e será fácil de inferir a partir daí a

[96] O "temperamento" do ar é sua composição, constituição ou estado: mais ou menos úmido ou poeirento, mais frio ou mais quente, etc.

que altura a água se elevará nos lugares mais ou menos elevados de 10, ou 20, 100, 200 ou 500 toesas, pois fornecemos a diferença que elas proporcionam[97].

Ao nível do mar, as bombas aspirantes elevam a água à altura de 31 pés, 2 polegadas aproximadamente; deve-se entender: quando o ar aí está carregado mediocremente.

Eis aí a medida comum a todos os pontos do mar no mundo: daí se segue que um sifão eleva a água nesses lugares enquanto a sua perna mais curta tiver uma altura abaixo dessa; e que um fole tampado se abre com o peso da água dessa altura e da largura de suas asas; o que sempre é verificado. É fácil passar daí ao conhecimento da altura à qual se eleva nas bombas nos lugares mais elevados por 10 toesas: pois, já que dissemos que 10 toesas de elevação produzem 1 polegada de diminuição na altura em que a água se eleva; segue-se que nesses lugares a água se eleva somente a 31 pés e 1 polegada.

E pelo mesmo meio, encontra-se que nos lugares mais elevados do que o nível do mar por 20 toesas, a água se eleva a apenas 31 pés.

Naqueles que estão 100 toesas acima do nível do mar, a água sobe somente a 30 pés e 4 polegadas.

Naqueles que possuem altitude de 200 toesas, a água sobe a 29 pés e 6 polegadas.

Naqueles que estão a cerca de 500 toesas de altitude, a água sobe a aproximadamente 27 pés.

Assim se poderá testar o restante. E para os lugares mais baixos do que o nível do mar, encontrar-se-á igualmente as alturas às quais a água se eleva, adicionando, ao invés de subtrair, as diferenças que essas diferentes alturas proporcionam[98].

Conseqüências.

I. De todas essas coisas, é fácil ver que uma bomba jamais elevará a água em Paris a 32 pés e que ela jamais a eleva menos do que 29 pés e meio.

II. Vê-se também que um sifão, cuja perna curta tenha 32 pés, jamais funcionará em Paris.

III. Que um sifão, cuja perna mais curta tenha 29 pés ou menos, sempre funcionará em Paris.

IV. Que um sifão, cuja perna curta tenha exatamente 31 pés em Paris, algumas vezes funciona e algumas vezes não o faz, conforme o ar esteja carregado.

V. Que um sifão que tenha 29 pés para sua perna curta, sempre funciona em Paris e jamais em um lugar mais elevado, como em Clermont em Auvergne.

VI. Que um sifão que tenha 10 pés de altura, funciona em todos os lugares do mundo; pois não existe nenhuma montanha suficientemente alta para impedi-lo; e que

---

[97] A superfície do mar não é equidistante do centro da Terra, como se imaginava nessa época. Huygens e Newton irão mostrar, algumas décadas depois, que a rotação da Terra introduz uma deformação em sua superfície líquida, que se torna aproximadamente um elipsóide de revolução. Além disso, a aceleração da gravidade (e o peso dos corpos) depende, por causa desses efeitos, da latitude do ponto considerado. Essas alterações invalidam a conclusão de Pascal.

[98] Pascal supõe que o efeito é exatamente proporcional à altura, tanto ao se subir quanto ao se descer. Na verdade, como a densidade do ar não é igual em todas as alturas, os efeitos não são exatamente proporcionais. Ao se subir, as variações são menores do que ao se descer abaixo do nível do mar.

um sifão que tenha 50 pés de altura não funciona em nenhum lugar do mundo; pois não existe nenhuma caverna tão profunda para fazer que o ar pese tanto para erguer a água a essa altura.

VII. Que a água se eleva nas bombas em Dieppe, quando o ar está mediocremente carregado, a 31 pés e 2 polegadas, como dissemos, e quando o ar está mais carregado, a 32 pés; que ela se eleva nas bombas em montanhas com altura de 500 toesas acima do mar, quando o ar está mediocremente carregado, a 26 pés e 11 polegadas; e, quando está menos carregado, a 26 pés e 1 polegada: de modo que existe uma diferença entre essa altura e aquela que é encontrada em Dieppe, quando o ar aí está mais carregado, de 5 pés e 11 polegadas, que é quase um quarto da altura que se encontra sobre as montanhas[99].

VIII. Como vemos que em todos os lugares situados no mesmo nível a água se eleva à mesma altura e que ela se eleva menos naqueles que são mais elevados; também, pelo contrário, se vemos que a água se eleva a altura igual em dois lugares diferentes, pode-se concluir que estão ao mesmo nível; e se ela não se eleva aí à mesma altura, pode-se julgar, por essa diferença, quanto um é mais elevado do que o outro; o que é um meio de nivelar os lugares, por mais distantes que eles sejam, de forma exata e facilmente; posto que, o invés de se servir de uma bomba aspirante que seria difícil de fazer a essa altura, basta tomar um tubo de 3 ou 4 pés cheio de mercúrio e tampado em cima, do qual falamos várias vezes, verificando a que altura ele permanece suspenso; pois sua altura corresponde perfeitamente à altura a que a água se eleva nas bombas.

IX. Vê-se também a partir daí que os graus de calor não estão marcados exatamente nos melhores termômetros; pois são atribuídas à rarefação ou condensação do ar do interior do tubo todas as diferentes alturas às quais a água permanece suspensa, mas percebemos por essas experiências que as mudanças que ocorrem no ar exterior, quer dizer, a massa de ar, contribuem bastante para isso[100].

Deixo um grande número de outras conseqüências que seguem esses novos conhecimentos, como, por exemplo, o caminho que eles abrem para se conhecer precisamente a extensão da esfera de ar e dos vapores que são chamados de atmosfera; pois observando exatamente, de 100 em 100 toesas, quanto as primeiras, quanto as segundas e quanto todas as outras fornecem de diferenças, chegar-se-ia a concluir exatamente a altura total do ar[101]. Mas deixo tudo isso para prender-me àquilo que é próprio do assunto.

---

[99] Novamente aparece a idéia não muito razoável de uma bomba no alto da montanha.

Note-se que Pascal supõe que as variações absolutas de pressão que ocorrem ao nível do mar e no topo da montanha são iguais (10 polegadas); seria mais razoável supor que são proporcionais (10 polegadas ao nível do mar e 8 na montanha, por exemplo).

[100] Os "termômetros" ou termoscópios eram, nessa época, construídos tomando-se balões de vidro cheios de ar e dotados de um tubo fino; o balão era invertido e o tubo colocado dentro da água. O nível da água no tubo sobe ou desce conforme o balão seja esfriado ou aquecido. É claro, no entanto que o nível da água também dependerá da pressão atmosférica, como afirma Pascal.

[101] Aqui, novamente, aparece a idéia de que a atmosfera tem uma superfície limite e uma altura determinada.

Capítulo 8: Quanto cada lugar do mundo está pressionado pelo peso da massa do ar.

Aprendemos dessas experiências que, já que o peso do ar e o peso da água que está nas bombas se mantêm mutuamente em equilíbrio, pesam exatamente tanto um quanto o outro; e assim, conhecendo a altura a qual a água se eleva em todos os lugares do mundo, conhecemos ao mesmo tempo quanto cada um desses lugares é pressionado pelo peso do ar que está acima deles; e, portanto:

Que os lugares que estão ao nível do mar são pressionados pelo peso do ar que está acima deles, até o alto de sua esfera, tão precisamente quanto se, no lugar desse ar, se substituísse uma coluna de água da altura de 31 pés e 2 polegadas[102].

Aqueles que estão 10 toesas acima, tanto quanto se tivessem água até a altura de 31 pés e 1 polegada.

Aqueles que estão 500 toesas acima do mar, tanto quanto se sustentassem água com a altura de 26 pés e 11 polegadas, e assim para o restante.

Capítulo 9: Quanto pesa a massa total de todo ar que existe no mundo.

Aprendemos, por essas experiências, que o ar que está sobre o nível do mar pesa tanto quanto água à altura de 31 pés e 2 polegadas; mas, como o ar pesa menos sobre os lugares mais elevados do que ao nível do mar e assim não pesa sobre todos os pontos da Terra igualmente e na verdade pesa de modos diferentes em todos: não se pode tomar um pé fixo que marque quanto todos os lugares do mundo estão pressionados pelo ar mas pode-se tomar um que se conjecture bem aproximado do correto; como, por exemplo, pode-se supor que todos os lugares da Terra em geral, considerados como se estivessem igualmente pressionados pelo ar, tanto o mais forte quanto o mais fraco, estão tão pressionados quanto se sustentassem água até a altura de 31 pés; e certamente não existe nem meio pé de água de erro nessa suposição.

Ora, vimos que o ar que está acima das montanhas com a altura de 500 toesas acima do nível do mar, pesa tanto quanto a água à altura de 26 pés e 11 polegadas.

E, conseqüentemente, todo ar que se estende desde o nível do mar até o alto das montanhas com altura de 500 toesas, pesa tanto quanto a água à altura de 4 pés e 1 polegada; sendo isso aproximadamente a sétima parte de toda a altura, é visível que o ar compreendido entre o mar e essas montanhas é aproximadamente a sétima parte de toda massa de ar.

Aprendemos por essas mesmas experiências que os vapores que espessos do ar, quando ele está mais carregado deles, pesam tanto quanto a água à altura de 1 pé e 8 polegadas; pois, para contrabalançá-los, fazem a água subir nas bombas a essa altura, acima daquela em que a água já contrabalançava o peso do ar: de modo que, se todos os vapores que estão sobre um país fossem transformados em água, como acontece quando eles se transformam em chuva, não poderiam produzir senão essa altura de 1 pé e 8 polegadas de água sobre esse país. E se ocorrem às vezes chuvas cuja água que cai atinge uma altura maior, é porque o vento aí transporta vapores de locais vizinhos.

---

[102] Pascal, desconhece, como vimos, a variação devida à latitude.

Vemos também a partir daí que, se toda a esfera do ar estivesse pressionada e comprimida contra a Terra por uma força que pressionando-a por cima, a reduzisse embaixo ao menor lugar que ela pudesse ocupar, e que a reduzisse a água, ela teria então a altura de apenas 31 pés.

E, conseqüentemente, é preciso considerar toda a massa do ar, no estado livre em que ela está como se ela outrora tivesse sido uma massa de água de 31 pés de altura em torno de toda a Terra, que tivesse se rarefeito, dilatado extremamente e se convertido a esse estado que chamamos de ar, no qual ocupa, em verdade, mais espaço, mas no qual conserva exatamente o mesmo peso que a água de 31 pés de altura.

E como não haveria nada mais fácil do que calcular quanto a água que cerca toda a Terra a 31 pés de altura pesaria em libras e que uma criança que saiba somar e subtrair poderia fazê-lo, encontrar-se-ia, pelo mesmo modo, quanto todo ar da natureza pesa em libras, pois é a mesma coisa; e se se fizer a tentativa, encontrar-se-á que pesa aproximadamente 8 milhões de milhões de milhões de milhões de libras.

Quis ter esse prazer e fiz a conta dessa forma.

Supus que o diâmetro de um círculo está para sua circunferência como 7 para 22[103].

Supus que o diâmetro de uma esfera sendo multiplicado pela circunferência de seu grande círculo, o produto é o conteúdo da superfície esférica[104].

Sabemos que se dividiu a circunferência da Terra em trezentos e sessenta graus. Essa divisão foi voluntária; pois seria possível dividi-la em mais ou menos caso se desejasse, assim como aos círculos celestes.

Encontrou-se que cada um desses graus contém 50.000 toesas.

As léguas em torno de Paris são de 2.500 toesas; e, conseqüentemente, há 20 léguas em 1 grau: outros calculam 25 mas também não colocam mais do que 2.000 toesas na légua; o que corresponde à mesma coisa[105].

Cada toesa tem 6 pés.

Um pé cúbico de água pesa 72 libras.

Isso colocado, torna-se bastante fácil fazer o cálculo que se procura.

Pois, como a Terra tem em seu grande círculo, ou em sua circunferência, 360 graus.

Ela tem conseqüentemente, 7.200 léguas de circunferência.

E pela proporção da circunferência ao diâmetro, seu diâmetro terá 2.291 léguas.

Portanto, multiplicando o diâmetro da Terra pela circunferência de seu círculo máximo, encontrar-se-á que ela tem em toda sua superfície esférica 16.495.200 léguas quadradas.

---

[103] Ou seja: Pascal toma 22/7 como uma boa aproximação do número π. De fato, 22/7 corresponde a 3,1429 e π vale 3,1416.

[104] Utilizamos atualmente para a área da superfície externa de uma esfera a fórmula $S = 4\pi R^2$, que pode ser escrita $S = (2\pi R) \times (2R)$, ou seja: o produto do diâmetro (2R) pela circunferência do círculo máximo ($2\pi R$).

[105] De acordo com a estimativa usada por Pascal, cada grau terrestre tem 50.000 toesas. Como cada toesa equivale a 6 pés (1,949 m), cada grau corresponde a 97,45 Km. O valor atualmente aceito é de cerca de 110 Km por grau.

Quer dizer, 103.095.000.000.000 toesas quadradas.

Quer dizer, 3.711.420.000.000.000 pés quadrados.

E como 1 pé cúbico de água pesa 72 libras.

Segue-se que um prisma de água de 1 pé quadrado de base e de 31 pés de altura pesa 2.232 libras.

Portanto, se a Terra estivesse coberta de água até a altura de 31 pés, teria tantos prismas de água de 31 pés de altura quanto possui de pés quadrados em toda sua superfície. (Sei bem que não seriam prismas mas setores de esfera; e negligencio voluntariamente essa precisão).

E portanto sustentaria tantas vezes 2.232 libras de água quanto possui de pés quadrados em toda sua superfície.

Portanto essa massa toda de água pesaria: 8.283.889.440.000.000.000 libras.

Portanto, toda a massa da esfera de ar que existe no mundo pesa esse mesmo peso de 8.283.889.440.000.000.000 libras.

Quer dizer, 8 milhões de milhões de milhões, duzentos e oitenta e três mil, oitocentos e oitenta e nove milhões de milhões, quatrocentos e quarenta mil milhões de libras.

Conclusão dos dois tratados anteriores.

Descrevi no tratado precedente todos os efeitos em geral que se pensou até agora serem produzidos pela natureza para evitar o vazio; mostrei que é absolutamente falso que eles ocorram por essa razão imaginária. E demonstrei, pelo contrário, que o peso da massa do ar é sua verdadeira e única causa, por razões e experiências absolutamente convincentes: de modo que agora é seguro que não ocorre nenhum efeito em toda natureza produzido para evitar o vácuo[106].

Não será mais difícil passar daí a mostrar que ela não tem horror a ele; pois essa forma de falar não é própria, pois a natureza criada, que é aquela de que se trata, não sendo animada, não é capaz de paixões; portanto ela é metafórica e não se entende por isso senão que a natureza faz os mesmos esforços para evitar o vazio que se ela tivesse horror a ele; de modo que, no sentido daqueles que falam dessa maneira, é a mesma coisa dizer que a natureza detesta o vazio e que a natureza faz grandes esforços para impedi-lo. Portanto, como já mostrei que ela não faz nada para fugir ao vazio, segue-se que ela não lhe tem horror; pois, para seguir a mesma imagem, como se diz de um homem que uma coisa lhe é indiferente quando não se nota jamais em nenhuma de suas ações nenhum movimento de desejo ou de aversão por essa coisa, deve-se também dizer sobre a natureza que ela tem uma total indiferença pelo vazio, pois jamais se vê que ela faça coisa nenhuma nem para procurá-lo nem para evitá-lo. (Compreendo sempre pela palavra vazio um espaço vazio de todos os corpos sensíveis.)

É bem verdadeiro (e isso foi o que enganou os Antigos) que a água sobe em uma bomba quando não existe lugar por onde o ar possa entrar e que assim haveria um

---

[106] Não se pode dizer que o trabalho de Pascal fosse tão conclusivo quanto ele queria.

vazio se a água não seguisse o pistão; e também que ela não sobe mais se existirem fendas por onde o ar possa entrar para preenchê-la; por isso parece que ela sobe apenas para impedir o vazio, pois ela apenas sobe quando tende a existir o vazio.

É igualmente certo que um fole é difícil de abrir quando suas aberturas estão bem tampadas e o ar não pode aí entrar e que, assim, se ele fosse aberto, haveria o vazio; enquanto que essa resistência cessa quando o ar aí pode entrar para preenchê-lo: de modo que ela não é encontrada senão quando aí ocorreria o vazio; por isso parece que ela só ocorre por causa do temor ao vazio.

Enfim, sempre todos os corpos em geral fazem grandes esforços para se seguir e se manter unidos todas as vezes em que existiria um vazio entre eles ao se separarem e jamais em outros casos; e é daí que se concluiu que essa união vem do temor ao vazio.

Mas para mostrar a fraqueza dessa conseqüência, servir-me-ei desse exemplo: quando um fole está na água, do modo como nós freqüentemente o representamos, de forma que a extremidade do tubo, que suponho ter o comprimento de 20 pés, sai para fora da água e vai até o ar, e se as aberturas que estão em uma das asas forem bem fechadas, para que a água aí não possa entrar; sabe-se que é difícil abri-lo, e tanto mais quanto mais água exista acima e que, se forem destampadas essas aberturas que estão em uma das asas, podendo assim a água aí entrar livremente, essa resistência cessa.

Se quiséssemos raciocinar sobre esse efeito assim como sobre os outros, dir-se-ia: quando as aberturas estão tampadas e assim, se elas se abrissem, entraria ar pelo tubo, é difícil fazê-lo; e quando a água aí pode entrar para preenchê-lo ao invés de ar, essa resistência cessa. Portanto, como ele resiste quando aí entraria o ar e não em outros casos, essa resistência vem do horror que ele tem do ar.

Nenhuma pessoa deixaria de rir dessa conseqüência, pois poderia existir uma outra causa dessa resistência. E de fato, vê-se que não seria possível abri-lo sem fazer subir a água, pois aquela que se afastaria abrindo-o não poderia entrar no corpo do fole; e assim, seria preciso que ela encontrasse seu lugar em outro local e que ela fizesse erguer toda a massa; e é isso que causa a resistência: o que não ocorre quando o fole tem aberturas por onde a água possa entrar; pois então, ao abri-lo ou fechá-lo, a água não se eleva nem se abaixa, pois aquela que se afasta entra no fole ao mesmo tempo; por isso, ele é aberto sem resistência.

Tudo isso é claro e conseqüentemente é preciso considerar que não se pode abri-lo sem que aconteçam duas coisas: uma, que aí em verdade entre ar; outra, que se faça erguer a massa de água; e é a última dessas coisas que é a causa da resistência e a primeira lhe é bastante indiferente, embora aconteça simultaneamente.

Digamos o mesmo a respeito da dificuldade que se sente em abrir no ar um fole tampado em todos os seus lados; se ele for aberto pela força, acontecerão duas coisas: uma, que realmente nele existiria o vazio; a outra, que seria necessário elevar e sustentar toda a massa do ar; e é a última dessas coisas que causa a resistência que aí se sente e a primeira lhe é bastante indiferente; também, essa resistência aumenta e diminui proporcionalmente à pressão do ar, como o mostrei.

É preciso compreender o mesmo em relação à resistência que se sente para separar todos os corpos entre os quais surgiria o vazio; pois o ar não pode aí se insinuar, de

outra forma não surgiria o vazio. E assim não se poderia separá-los, sem fazer erguer e sustentar toda a massa de ar e é isso que causa toda essa resistência[107].

Eis a verdadeira causa da união dos corpos entre os quais ocorreria o vazio, que durante tanto tempo permaneceu desconhecida, porque se permaneceu durante tanto tempo com opiniões falsas, das quais se saiu apenas gradativamente; de modo que houve três épocas diferentes nas quais existiram diferentes sentimentos.

Existiram três erros no mundo, que impediam absolutamente o conhecimento dessa causa da união dos corpos.

O primeiro é que se acreditou quase sempre que o ar é leve, pois os antigos autores o disseram; e porque aqueles que neles crêem os seguiram cegamente e teriam permanecido eternamente com esse pensamento, se pessoas mais hábeis não os tivessem retirado daí pela força das experiências: de modo que não era possível pensar que o peso do ar fosse a causa dessa união, quando se pensava que o ar não tem peso.

O segundo é que se imaginou que os elementos não pesam dentro deles próprios, apenas pela razão de que não se sente o peso da água quando se está dentro e que um balde cheio de água que nela está mergulhado não é difícil de levantar enquanto lá está e que só se começa a sentir seu peso quando daí sai: como se esses efeitos não pudessem vir de uma outra causa ou então como se isso não fosse contrário à aparência, não havendo razão para crer que a água que se puxa em um balde pesa quando é tirada e não pesa mais quando é jogada aí; que ela perde seu peso ao se confundir com a outra e que ela o recupera quando abandona seu nível. Estranhos meios que os homens procuram para cobrir sua ignorância. Pois eles não puderam compreender por que não se sente o peso da água e não quiseram admiti-lo, por isso disseram que ela não pesa, para satisfazer sua vaidade, mas arruinando a verdade; e assim foi recebida: e é por isso que era impossível acreditar que o peso do ar fosse a causa desses efeitos, enquanto se permaneceu imaginando isso; pois, mesmo que se soubesse que ele pesa, ter-se-ia sempre dito que ele não pesa dentro de si mesmo; e assim não se teria acreditado que ele aí produzisse nenhum efeito pelo seu peso.

É por isso que mostrei, no *Equilíbrio dos líquidos*, que a água pesa dentro dela mesma tanto quanto fora e aí expliquei por que, apesar desse peso, um balde não é difícil de erguer aí e por que não se sente o peso dele: e no *Tratado sobre o peso da massa do ar*, mostrei a mesma coisa sobre o ar, a fim de esclarecer todas as dúvidas.

O terceiro erro é de outra natureza; não é a respeito do ar mas dos próprios efeitos que atribuíam ao horror ao vazio, sobre os quais possuíam pensamentos bastante falsos.

Pois haviam imaginado que uma bomba eleva água não apenas a 10 ou 20 pés, o que é bem verdade, mas ainda a 50, 100, 1.000 e tanto quanto se queira, sem nenhum limite.

Acreditaram, igualmente, que não é apenas difícil separar dois corpos polidos aplicados um contra o outro, mas que isso é absolutamente impossível; que um anjo, ou

---

[107] Se a única causa dessa resistência fosse a necessidade de erguer toda a massa de ar, então, em uma sala cheia de ar mas hermeticamente fechada não seria necessário esforço nenhum. Na verdade, deve-se levar em conta a elasticidade do ar, mas isso não tinha ainda sido compreendido na época de Pascal.

qualquer força criada, não conseguiria fazê-lo, com cem exageros que nem ouso relatar; e assim em relação aos outros.

É um erro de fato tão antigo, que não se vê sua origem; e mesmo Heron, um dos mais antigos e melhores autores que escreveram sobre a elevação das águas, diz claramente, como uma coisa que não deve ser colocada em dúvida, que se pode fazer passar a água de um rio por cima de uma montanha para fazê-la descer ao vale oposto, desde que seja apenas um pouco mais profundo, por meio de um sifão colocado sobre o cume e cujas pernas se estendam pelos dois lados, um para o rio, e outro pela outra encosta; e assegura que a água se elevará do rio até o topo da montanha, para descer ao outro vale, seja qual for a altura que ela tiver.

Todos aqueles que descreveram esses assuntos disseram a mesma coisa; e todos os nossos fabricantes de fontes ainda hoje asseguram que serão capazes de construir bombas aspirantes que atrairão a água a 60 pés, se assim se quiser.

Não é que nem Heron nem esses autores nem esses artesãos e ainda menos os filósofos, tivessem levado esses testes bastante longe; pois se eles tivessem tentado atrair a água apenas a 40 pés, teriam encontrado que isso é impossível; mas é apenas que eles viram bombas aspirantes e sifões de 6 pés, de 10, de 12, que não deixavam de produzir seus efeitos e jamais viram que a água deixasse de aí subir em todos os testes que lhes foi permitido fazer. De modo que não imaginaram que houvesse um certo grau além do qual ocorresse o contrário. Pensaram que era uma necessidade natural, cuja ordem não poderia ser mudada; e como acreditaram que a água subia por um horror invencível ao vazio, asseguraram que ela continuaria a se elevar, como havia começado, sem cessar jamais; e assim, tirando uma conseqüência daquilo que viam para aquilo que não viam, deram um e outro como igualmente verdadeiros.

E se acreditou nisso com tanta certeza que os filósofos disso fizeram um dos maiores princípios de sua ciência e o fundamento de seus *Tratados sobre o vazio*: ele é ditado todos os dias nas classes e em todos os lugares do mundo; e desde todos os tempos nos quais existiram escritos, todos os homens juntos tiveram firmemente esse pensamento, sem que jamais nenhuma pessoa o tivesse contradito até este tempo.

Pode ser que esse exemplo abrirá os olhos daqueles que não ousam pensar que uma opinião seja duvidosa, quando ela foi sempre universalmente aceita por todos os homens; pois simples artesãos foram capazes de convencer de erro todos os grandes homens que são chamados de filósofos: Galileo declara em seus *Diálogos* que aprendeu dos fabricantes de fontes da Itália que as bombas não elevam a água senão até uma certa altura: em seguida testou-o por si mesmo; e outros em seguida fizeram o teste na Itália e depois na França com o mercúrio, com mais facilidade, mas que mostrava a mesma coisa de diversas maneiras.

Antes que se fosse instruído sobre isso, não havia modo de demonstrar que o peso do ar fosse aquilo que elevava a água nas bombas; pois esse peso, sendo limitado, não podia produzir um efeito infinito.

Mas todas essas experiências não foram suficientes para mostrar que o ar produz esses efeitos; pois, embora nos tivessem tirado de um erro, deixaram-nos em um outro. Pois se aprendeu através de todas essas experiências que a água não se eleva senão até uma certa altura; mas não se aprendeu que ela se elevava mais nos lugares mais profundos. Pensou-se, pelo contrário, que ela se elevava sempre à mesma altura, que fosse in-

variável em todos os lugares do mundo; e como não se pensava no peso do ar, imaginava-se que a natureza da bomba era tal que ela eleva a água a uma certa altura limitada e não mais. Também Galileo a considerou como a altura natural da bomba e a chamou de *la Altessa limitatissima.*

Além disso, como se imaginar que essa altura pudesse ser variável de acordo com a variedade de lugares? Certamente isso não era verossímil, e, no entanto, esse último erro impedia ainda de provar que o peso do ar é a causa desses efeitos, pois, como ele é maior ao pé das montanhas do que no cume, é claro que os efeitos aí serão maiores proporcionalmente.

É por isso que concluo que não se poderia chegar a essa prova a não ser fazendo a experiência em dois lugares elevados um em relação ao outro de 400 ou 500 toesas. E escolhi para isso a montanha do Puy de Dôme em Auvergne, pela razão que declarei em um pequeno escrito que fiz imprimir desde o ano 1648, assim que ela obteve sucesso.

Essa experiência, tendo mostrado que a água se eleva nas bombas a alturas completamente diferentes, conforme a variedade dos lugares e dos tempos e que ela é sempre proporcional ao peso do ar, acabou de dar o conhecimento perfeito desses efeitos; ela elimina todas as dúvidas; mostra qual é a sua verdadeira causa; mostra que ela não é o horror ao vazio; e, enfim fornece todas as luzes que se poderia desejar sobre esse assunto[108].

Que se explique agora, se for possível, de um modo diferente do que pelo peso do ar, por que as bombas aspirantes elevam a água mais baixo de 1/4 no Puy de Dôme em Auvergne do que em Dieppe.

Por que um mesmo sifão eleva a água e a puxa em Dieppe e não em Paris.

Por que dois corpos polidos, aplicados um contra o outro, são mais fáceis de separar em um campanário do que na rua[109].

Por que um fole tampado por todos os lados é mais fácil de abrir no alto de uma casa do que na sua entrada.

Por que quando o ar está mais carregado de vapores, o pistão de uma seringa fechada é mais difícil de puxar.

Enfim, por que todos esses efeitos são sempre proporcionais ao peso do ar, como o efeito à causa.

Será porque a natureza tem maior horror ao vácuo nas montanhas do que nos vales, quando está úmido do que quando o tempo está bom? Não o odeia ela igualmente em um campanário, em uma água-furtada e no pátio?

Que todos os discípulos de Aristóteles reúnam tudo aquilo que existe de mais forte nos escritos de seu mestre e de seus comentadores, para explicar essas coisas pelo horror ao vazio, se o puderem; senão, que reconheçam, que as experiências são os verdadeiros mestres que se deve seguir na física; que aquela que foi feita sobre as montanhas derrubou essa crença universal do mundo de que a natureza tem horror ao vazio e abriu esse

---

[108] Esse experimento não elimina todas as dúvidas. Ver nota 63 relativa à descrição dessa experiência.

[109] Esta diferença seria impossível de notar, na prática, assim como no caso dos exemplos seguintes. Trata-se de uma diferença muito pequena e que seria mascarada por outros efeitos.

conhecimento que jamais perecerá de que a natureza não tem nenhum horror pelo vazio, que ela não faz nada para evitá-lo e que o peso da massa do ar é a verdadeira causa de todos os efeitos que até aqui foram atribuídos a essa causa imaginária.

APÊNDICES

CARTA DE TORRICELLI A MICHELANGELO RICCI[1]

Firenze, 11 de junho de 1644.

Muito ilustre Senhor e mestre caríssimo.

Enviei algumas semanas atrás demonstrações minhas sobre o espaço da ciclóide[2] ao Sr. Antonio Nardi, pedindo-lhe que, depois de havê-las visto, enviasse-as diretamente a V.S ou então ao Sr. Magiotti. Já lhe anunciei que estava sendo feita alguma experiência filosófica sobre o vácuo, não simplesmente para fazer o vácuo, mas para fazer um instrumento que mostrasse as mudanças do ar — ora mais pesado e grosso ora mais leve e sutil[3]. Muitos disseram que o vácuo não pode ocorrer; outros que pode, mas com esforço e com repugnância da Natureza; ainda não conheço ninguém que haja dito que possa ocorrer sem esforço e sem resistência da Natureza. Eu pensava assim: se encontrasse alguma causa evidente que explicasse essa resistência que se sente ao tentar fazer o vácuo, parecer-me-ia inútil tentar atribuir ao vácuo esse efeito que claramente é devido a outra razão; e, fazendo certos cálculos facílimos, encontro que a causa admitida por mim (ou seja, o peso do ar) deveria por si só ser mais notável do que ela o é ao se tentar (produzir) o vácuo[4]. Digo isso para que algum filósofo, vendo-se incapaz de fugir a essa confissão de que a gravidade do ar explica a repugnância sentida ao se fazer o vácuo, não dissesse que aceita o efeito do peso do ar mas persistisse em afirmar que a Natureza também contribui para a repugnância ao vácuo. Vivemos submersos no fundo de um abismo do elemento ar, o qual, por experiências indubitáveis, sabe-se que pesa; e tanto que, a essa grande vizinhança da superfície da Terra, pesa aproximadamenta 1/400 do peso da

[1] Esta famosa carta de Torricelli foi traduzida a partir da edição de Gino Loria e Giuseppe Vassura das *Opere di Evangelista Torricelli*, vol. 3, pp. 186-8. No mesmo volume se encontra a resposta de Ricci, contendo diversas dúvidas; e a resposta de Torricelli (não traduzimos esses documentos). Há uma tradução em inglês em *The physical treatises of Pascal*, pp. 163-70. A cópia das cartas de Torricelli, enviadas a Mersenne, é reproduzida e traduzida para o francês em TATON, 1963.

[2] Torricelli se refere aqui a estudos geométricos que não possuem relação com a questão do vácuo.

[3] É interessante essa afirmação, que parece mostrar que Torricelli não considerava importante produzir o vácuo. Essa frase parece evidenciar que ele conhecia os experimentos de Betti, anteriores, nos quais já se havia produzido o vácuo aparente. Ver a primeira parte deste volume.

[4] Torricelli quer dizer que o efeito calculado para a pressão da atmosfera é maior do que o efeito observado, ou seja, que seria de se esperar que a altura da coluna de mercúrio fosse maior, como se verá a seguir; portanto, ninguém poderia afirmar que, além do efeito do peso do ar, existe também o horror ao vácuo, pois então o efeito deveria ser ainda maior.

água[5]. Os autores observaram, depois do crepúsculo, que o ar cheio de vapores e visível se eleva a cerca de cinqüenta ou cinqüenta e quatro milhas acima de nós; mas não creio (que seja) tanto, pois mostrarei que o vácuo deveria fazer uma resistência muito maior do que a que faz, se bem que se deve admitir a seu favor que o peso determinado por Galileo se aplica ao ar baixíssimo onde se movem os homens e os animais, mas que, acima dos cumes das altas montanhas, o ar começa a ser puríssimo e de peso muito inferior a 1/400 do peso da água. Fizemos muitos vasos de vidro como indicados A e B, grossos e com o pescoço com comprimento de duas braças; (sendo) esses preenchidos de mercúrio, depois fechados pela boca com um dedo e invertidos em um vaso C no qual havia mercúrio, via-se que eles se esvaziavam e que nada acontecia ao vaso que se esvaziava; no entanto, o pescoço AD ficava sempre cheio até a altura de uma braça e um quarto e mais uma polegada[6]. Para mostrar que o vaso estava perfeitamente vazio, preenchia-se o vasilhame com água sobreposta (ao mercúrio) até D; e, erguendo o vaso pouco a pouco, via-se, quando a boca do vaso chegava à água, que o mercúrio descia do pescoço e ele se enchia de água, com ímpeto horrível, totalmente, até a marca E. Raciocinava-se: enquanto o vaso AE estava vazio e o mercúrio se sustentava — embora pesadíssimo — no pescoço AC, essa força que dirige o mercúrio contra sua natureza de cair para baixo, conforme se acreditou até agora, era interna ao vaso AE; ou ao vácuo, ou a essa matéria extremamente rarefeita; mas eu mantenho que é externa e que a força vem de fora. Sobre a superfície do líquido que está na bacia gravita a altura de cinqüenta milhas de ar; devemos nos maravilhar se no vidro CE, onde o mercúrio não tem tendência nem repugnância, pois nada existe aí, ele entre e se eleve tanto que se equilibre com a gravidade do ar externo, que o empurra? Também a água em um vaso semelhante mas muito mais longo subirá até quase dezoito braças, isto é, tanto mais em relação ao mercúrio quanto o mercúrio é mais pesado do que a água, para equilibrar-se com a mesma causa que empurra um e outro. O raciocínio era con-

[5] Torricelli faz aqui algo que Pascal não fará, mais tarde (talvez porque o resultado do cálculo não é satisfatório). Se a coluna de mercúrio equilibra a coluna de ar, seus pesos (por unidade de área) devem ser iguais. Portanto, o produto de suas densidades por suas alturas devem ser iguais: altura da atmosfera X densidade do ar = altura do mercúrio X densidade do mercúrio. Considerando-se a altura da atmosfera = 50 milhas (ou 90.000 m, aproximadamente), a densidade do ar = 1/400 da densidade da água e a densidade do mercúrio = 14 vezes a da água, obteríamos uma previsão de 16 metros para a altura da coluna de mercúrio. O cálculo proporciona um resultado incorreto porque, como Torricelli adivinha, a densidade do ar diminui com a altitude.

[6] A ilustração da carta de Torricelli foi perdida. A gravura aqui apresentada, publicada nas *Obras* de Torricelli, é posterior: apareceu pela primeira vez no Prefácio (de Tommaso Buonaventuri) às *Lezioni Accademiche di Evangelista Torricelli* (1715).

firmado pela experiência feita ao mesmo tempo com o vaso A e com o tubo B nos quais o mercúrio parava sempre na mesma horizontal AB — sinal quase seguro de que a força não estava dentro; pois o vaso AE teria mais força, onde havia mais matéria rarefeita e atrativa, e muito mais poderosa pela maior rarefação, do que aquela do pequeníssimo espaço B[7]. Tentei, portanto, com esse princípio, explicar todo tipo de repugnância sentida nos vários efeitos atribuídos ao vácuo, não tendo, até agora, encontrado nada que não dê certo. Sei que surgirão muitas objeções a V.S., mas espero também que as superará pensando. Minha principal intenção, no entanto, não teve sucesso — a de conhecer quando o ar é mais grosso e pesado e quando é mais sutil e leve com o instrumento EC, pois o nível AB se altera por uma outra causa (que eu não poderia acreditar), ou seja, pelo calor e frio — e muito sensívelmente, como se o vaso AE estivesse cheio de ar[8].

Firenze, 11 de junho de 1644.

Sou muitíssimo devedor e obrigado
a vossa muito ilustre senhoria,
V. Torricelli.

CARTA ESCRITA AO SENHOR CHARUT, RESIDENTE DE SUA MAJESTADE NA SUÉCIA SOBRE A EXPERIÊNCIA DO VAZIO, EM NOVEMBRO DE 1646, PELO SENHOR PETIT SUPERINTENDENTE DAS FORTIFICAÇÕES[9]

Ao Senhor
Senhor Charut, conselheiro do Rei em seus conselhos e residente de Sua Majestade muito Cristã junto à Rainha da Suécia.

Senhor,

Mesmo se eu não tivesse outro assunto para escrever-vos na bela ocasião do retorno do Senhor Embaixador da Suécia, além de dar-me a honra de lembrar-vos de mim e de renovar o oferecimento de meu muito humilde serviço, eu não deixaria de fazê-lo e de

---

[7] Este é um bom argumento de Torricelli: se a Natureza tem horror ao vácuo, deveria ter mais horror a um vácuo maior e portanto era de se esperar que no tubo com maior volume o mercúrio subisse mais — o que não ocorre.

[8] A descrição de Torricelli poderia fazer pensar que se trata simplesmente de variações da altura do mercúrio associadas a variações climáticas. Mas outras descrições (ver a primeira parte deste volume) indicavam que, aquecendo-se apenas a parte "vazia" do tubo, o mercúrio descia, como em um termoscópio.

[9] E[illegible]ta carta de Pierre Petit, que contém a descrição das primeiras experiências presenciadas por Pasca[illegible] escrita em 26 de novembro de 1646 e publicada em novembro de 1647 (logo após o primeiro o[illegible]culo de Pascal) provavelmente a pedido do jovem Pascal, como documento que atestasse sua prioridade. A tradução foi feita a partir da edição de Brunschvicg das obras de Pascal (vol. 1, pp. 325-45). O autor da carta, Pierre Petit, tinha em 1646 a idade de 51 anos. Era conhecido, na época, por sua habilidade experimental. Estava ligado a Gassendi.

vos testemunhar que partilho da alegria de todos vossos amigos pelos testemunhos que Sua Excelência proporcionou de vosso mérito e da satisfação que Sua Majestade da Suécia tem por vossos serviços. De fato, como ninguém poderia ocupar mais dignamente o lugar que ocupais do que vós mesmo, não há motivo para espanto se vós vos desempenhais das tarefas dignas dele com uma aprovação geral. Mas como sei bem que as almas constituídas como a vossa estão acima de qualquer elogio, e como sabeis também que a minha sempre fez o voto dessa liberdade filosófica que diz a verdade ingenuamente e com poucas palavras, temendo que elas sejam suspeitas de pedantismo, quando são exageradas, eu me contentaria em fazer-vos este pequeno cumprimento e em fazer-vos conhecer com que afeto me interesso por tudo o que vos toca.

E para vos participar aquilo que ocorre na França entre vossos amigos e no liceu dos curiosos e filósofos — embora não tenha dúvidas de que tendes correspondências que vos notificam todas as novidades e boas coisas que são aqui feitas — dir-vos-ei uma feita por mim que não vos desagradará, relativa a uma experiência que o Padre Mersenne me disse ultimamente que quisestes fazê-la juntos mas que não foi suficientemente bem sucedida que pudesse satisfazê-los. É a experiência de Torricelli, sobre o vazio, com a qual quero vos entreter, se vossos afazeres mais sérios vos podem permiti-lo.

Sabei portanto, que, tendo-a feito particularmente há quatro ou cinco meses atrás, com um tubo de vidro de cerca de dois pés de comprimento, e tendo descoberto que não havia aí mercúrio suficiente para causar, por seu peso, um vazio muito sensível[10]; e que o pouco que aparecia no alto do tubo poder-se-ia dizer, de acordo com a opinião comum, ser ar rarefeito, mesmo se antes ele não tivesse sequer o tamanho de um grão de alpiste, embora eu tivesse tomado todas as precauções suficientes; para concluir que não havia nada, fiz sua descrição a nosso bom amigo, Senhor Pascal[11], ao passar por Rouen; ele ficou encantado por ouvir falar de uma tal experiência — tanto por sua novidade, quanto porque sabeis que ele desde longo tempo admite o vazio; e como lhe disse que ainda não estava totalmente satisfeito com essa experiência e que gostaria de refazê-la algum dia em que pudesse, com um tubo maior e com maior quantidade de mercúrio, para produzir, se fosse possível, uma vazio maior por um maior peso, ele me rogou que pudesse ser seu espectador e que a fizéssemos juntos quando de meu retorno de Dieppe. Para vos dizer como sucedeu o caso pelo qual eu para lá me dirigia, que era para me assegurar da verdade das afirmações feitas desde 5 anos atrás por um homem de Marseille que diz descer ao fundo do mar e aí permanecer cinco ou seis horas por meio de certa máquina, em consideração ao que o Rei e o monsenhor Cardeal Richelieu lhe deram permissão de aí pescar e de lá tirar todas as coisas perdidas e abandonadas — isso seria me desviar muito de meu assunto e mergulhar em uma conversa tão alentada quanto a presente; continuarei apenas a história de nosso vazio e vos direi que, retornando a Rouen, fomos juntos à vidraria onde fiz fabricarem um tubo de quatro

---

[10] Na verdade, com um tubo de 2 pés de altura, não se deve observar vácuo nenhum.

[11] Este 'senhor Pascal'' é Étienne, o pai de Blaise Pascal.

pés de comprimento e com a grossura interna do dedo mínimo e o fiz fechar por uma extremidade — ou selar hermeticamente, para falar nos termos da arte. Feito isso, fomos a um vendedor de drogas ou especiarias para nos fornecer a quantidade de mercúrio que nos seria necessária, de cerca de quarenta ou cinquenta libras. Com ele, com a ajuda de um pequeno funil de papel dobrado (pois esquecemos de mandar fazer um de vidro e os de ferro branco não valem nada aqui, por causa do estanho)[12], preenchemos totalmente o nosso tubo, cuja extremidade de baixo, que estava tampada, estava dentro de uma pequena bacia de madeira bastante profunda e espaçosa (um pote de barro que não fosse tão longo e que fosse mais profundo teria sido melhor); tendo o tubo sido assim todo preenchido de mercúrio, coloquei dentro da bacia a altura de três dedos (de mercúrio) e acima dele fiz colocar a mesma quantidade de água comum. Isso feito, ergui meu braço colocando o dedo médio sobre o furo do tubo, que estava tão cheio de mercúrio que ele jorrou quando (o dedo) ocupou seu lugar — e o erguemos muito docemente, sustentando-o em baixo e no meio, temendo que o peso o fizesse romper-se e para me ajudar. Depois, mantendo sempre o dedo firme e a mão no tubo, eu o mergulhei através da água no mercúrio até que meu dedo estivesse no fundo do vaso; ficamos então algum tempo examinando se havia algum ar no topo (do tubo); não o vimos de modo algum — pelo contrário, ele estava visivelmente todo cheio de mercúrio; depois disso, retirando meu dedo de baixo e deixando o tubo tocar o fundo do vaso, vimos o mercúrio descer e abandonar o alto do tubo, não de uma só vez e em um instante, nem muito lentamente, mas como água derramada em um filtro; e, o que é muito admirável, ele desceu mais de dezoito polegadas, que é um comprimento extraordinário — e eu nem teria jamais acreditado nisso, pois, na primeira vez, quando meu tubo era menor, não fez (um efeito) proporcional. Pusemo-nos a filosofar sobre isso antes de prosseguir e o filho do Senhor Pascal[13] objetou que os simplícios poderiam dizer que esse espaço que parecia vazio era ar, o qual, para evitar o vazio, teria penetrado o vidro e entrado por seus poros; respondi-lhe que se poderia perguntar-lhes por que não entrava ainda mais e por que todo o mercúrio não caía, pois o ar poderia entrar no tubo pelos poros do vidro e substituir todo o resto do mercúrio como já havia feito com uma parte; de tal modo, por que essa razão necessária e por muitas outras que provam que o vidro não é poroso nem penetrável pelo ar, como o demonstram os termômetros por sua rarefação e condensação, causadas pelo frio e pelo calor, parece-nos que isso não poderia ser ar que penetrou pelos poros do vidro. Também para dizer que ele tivesse subido pela parte de baixo do tubo, seria preciso que ele primeiramente tivesse descido e passado através da água e do mercúrio, mais pesados do que ele e que, portanto, ele não poderia penetrar. Além disso, se tivesse podido passar uma certa quantidade do comprimento de dezoito polegadas, por que não teria passado ainda mais?

---

[12] O estanho se dissolveria no mercúrio, prejudicando a experiência. Note-se, através deste e de outros detalhes práticos, o realismo do relato e os cuidados de Petit com sua descrição.

[13] O "filho do senhor Pascal" é Blaise, que na época tinha 23 anos de idade.

O que teria impedido a sua continuação, que seria mais fácil do que a entrada? Portanto, nada assegurava que fosse ar, nem havia razão para convencer que não era. Mas eis aqui o que parecerá decidir toda a questão. Depois que por muito tempo examinamos com espanto esse vazio aparente ou verdadeiro, tendo-o medido e marcando sobre o vidro, ergui-o docemente pelo alto e — coisa estranha — o vazio aumentou ainda de altura, tanto quanto havia de mercúrio no fundo do vaso, sem que o nível ou altura do mercúrio que estava no tubo mudasse de modo nenhum, nem subisse como eu acreditaria[14]. Tendo-nos apercebido disso, fizemo-lo várias vezes e vimos sempre a mesma coisa, que deveis notar bem e que me deu a oportunidade de procurar sua razão que logo vos direi e pedirei vossa opinião. Elevando portanto o tubo, o mercúrio que nele estava permaneceu como se estivesse suspenso e não o seguiu; mas o vazio aumentou enquanto e tanto quanto a extremidade de baixo subia no mercúrio do vaso; de tal forma que, após haver feito isso muitas vezes, tendo elevado e abaixado o tubo no citado mercúrio para observá-lo, elevei-o finalmente até a região da água; logo que o mercúrio (do tubo) a atingiu e a extremidade (do tubo) abandonou o mercúrio do fundo, ele (o mercúrio) caiu, desceu imediatamente todo de uma vez e a água subiu com grande velocidade até o alto do tubo, preenchendo todo esse espaço que antes parecia vazio ou cheio de ar, sem restar um só grão visível no alto (do tubo); eis como, em minha opinião, se pode discorrer a filosofar sobre isso. Se fosse o ar que, entrando pelos poros do vidro ou por baixo do tubo, tivesse preenchido esse espaço que vimos, de dezoito polegadas, por que a água que entrou por baixo teria subido nesse espaço e por que teria ela subido mais alto do que as dezoito polegadas? E por que teria ela expulsado o ar completamente do espaço que ele já havia ocupado e que não pertencia à água? Pelo contrário, ela fez um esforço para subir até lá, contra sua natureza. Nenhuma aparência justifica, portanto, que isso fosse ar que tivesse entrando no vidro e que a água, subindo, tivesse feito sair pelos poros; se ela tivesse descido ou fosse empurrada por uma força, haveria alguma coisa a favor desse mau julgamento. Como o efeito foi assim como vos digo, e como o Senhor Pascal estava há muito tempo persuadido dessa opinião de Heron e de muitos outros filósofos, ficou encantado por vê-la confirmada por essa experiência, por seus próprios sentidos. Mas, quanto a mim, disse-lhe que não acreditava que todos pudessem ficar satisfeitos com ele; pois, de acordo com a opinião comum que não admite o vazio, dirão sempre que aquilo que aparece acima do mercúrio é ar extremamente rarefeito; e que uma pequena quantidade, do tamanho da cabeça de uma alfinete, que pudesse ter permanecido no fundo do tubo, ou levado com o dedo quando foi levado ao orifício do tubo para tampá-lo

---

[14] A experiência de erguer o vidro é equivalente à variação do volume do vazio aparente na descrição de Torricelli.

– em resumo, que um átomo de ar, por assim dizer, seria capaz de se rarefazer e expandir não apenas até a quantidade das dezoito polegadas, mas a uma maior, se houvesse maior força para causar essa rarefação, ao invés de aceitar o vazio da natureza; e que, portanto, essa experiência mais confirma e favorece sua opinião do que a destrói; pois, de fato, não se pode provar-lhes que não existe no tubo nenhum átomo de ar acima do mercúrio. E se lhes objetarmos por que a água que aí entra ocupa então todo o lugar que parecia vazio, de modo que não se vê nenhum ar, poderão responder que essa pequena partícula de ar que estava tão rarefeita se condensa e retorna a seu estado e lugar inicial, que não pode ser visto porque existe muito pouco: e assim não saberíeis o que dizer para convencê-los, a menos que lhes demonstrasse que não há nada realmente e que não permaneceu nem entrou no tubo nenhuma partícula. E se, depois, lhes perguntarmos por que esse ar, então, não se rarefez ainda mais, até a base do tubo para deixar o mercúrio descer totalmente, poderão também perguntar por que não se fez um vazio com mais de dezoito polegadas; e assim quase nada se pode objetar-lhes que eles não devolvam com igual força. Mas vou parar de vos entreter tanto com o contra e o a favor e de filosofar sobre um assunto sobre o qual só tenho o propósito de vos descrever o fato e desenvolver ingenuamente a história e o processo verbal da experiência que fizemos, para obter, se vos aprouver, vossos sentimentos sobre meu relatório ou sobre aquilo que virdes vós mesmo, quando vos derdes ao trabalho de fazê-la, como a descrevi. Mando-vos intencionalmente todas as particularidades e dificuldades encontradas nisso, para que, se o Senhor Embaixador – ao qual falei sobre isso – e Sua Majestade da Suécia – a quem agradam todas as coisas belas – quiserem ter esse prazer, vós o possais proporcionar-lhes sem falha e tirardes juntos e com os mais hábeis da Suécia as conseqüências que julgardes melhores.

Não contentes com essa experiência, fizemo-la ainda duas vezes e sempre encontramos precisamente a mesma coisa; mas como nelas observei algumas condições que são boas de saber, vou descrevê-las. A primeira é que o interior do tubo esteja bem seco e que nele não se tenha soprado nem colocado água; por isso, na segunda vez em que se quiser fazer essa experiência, como entrou água na primeira, é preciso aquecer o tubo de modo que toda a água e umidade que está dentro se evapore e que ele fique seco. Em segundo lugar, que o mercúrio que aí colocais não tenha sido misturado à água, pois, embora esses dois corpos não se misturem, no entanto algumas pequenas gotas de água que a ele se prendem formam pequenas bolhas no tubo e rompem a continuidade do mercúrio. Isso poderia dar aos peripatéticos o pretexto de dizer que é daí que vem a pretensa rarefação. Em terceiro lugar, é preciso que o pote ou bacia no qual colocais o mercúrio e a água seja profundo e de abertura suficientemente larga para que o braço passe facilmente. Por fim, quanto mais mercúrio houver no fundo desse pote, mais bela será a experiência; é preciso ter, pelo menos, três ou quatro polegadas, para que, elevando e abaixando o tubo nesse espaço , veja-se o pretenso vazio aumentar e diminuir – sobre o que, como vos disse, farei uma descrição particular. Observareis portanto que, quando todo o mercúrio que podia cair caiu até certa altura, e quando o alto do tubo ficou vazio, por assim dizer, em certo comprimento, esse mesmo vazio permanece sempre, enquanto o tubo permanecer nesse estado. Lembro-me que, durante a experiência, quando alguém perguntou por que em todas as vezes o

mercúrio não desceu mais, o Senhor Pascal e eu respondemos que se deveria dizer que a natureza não pode suportar um vazio maior ou maior rarefação, como os outros dizem; mas percebi depois que nossa resposta era falsa, embora não tivéssemos o tempo para refletir sobre isso, nem de raciocinar sobre essa bela experiência, tendo sido separados pela noite e pela obrigação que eu tinha de partir na manhã seguinte. Lembrei-me, como disse, que não era correto dizer que a natureza limitava seu vazio ou o ar sua rarefação e que não se podia fazer um maior do que o que tinha sido feito no tubo: pois nós mesmos o havíamos visto sofrer um aumento igual à altura do mercúrio do fundo do vaso, elevando (o tubo) nele até a água e plausivelmente o teríamos aumentado ainda mais se o mercúrio tivesse uma maior altura. Portanto, a quantidade de vazio ou a rarefação não era determinada em tal ou qual medida mas dependia da força do agente que a causa; de tal forma que o peso do mercúrio que estava no tubo (para continuar nesse exemplo), possuindo apenas a força de baixar sua altura e de causar, por seu peso de queda, até certa quantidade de vazio ou de rarefação, não devemos nos espantar que ele produzisse sempre o mesmo e não mais; e quando foi produzido mais no tubo, foi por causa de um outro agente ou força maior do que o peso do mercúrio, a saber: a força do braço que, elevando mais o tubo, até a região da água, deixou o mercúrio no seu mesmo lugar e produziu o mesmo efeito que se ele tivesse sido puxado por baixo tanto quanto o tubo foi elevado para o alto, quer dizer, causou um maior espaço vazio ou de rarefação. Em minha opinião, esta é a resposta justa que se deve dar a essa dúvida; para verificá-la, seria necessário comparar a força que se emprega para elevar o tubo nesse estado, com o peso do mercúrio que resta dentro— prendendo o citado tubo de um lado de uma balança e colocando no outro o peso necessário para fazer essa elevação — pois não tenho dúvidas de que seja preciso (um peso) maior do que o do mercúrio do tubo, embora pareça que, sendo de uma natureza fluida, ele não deveria impedi-lo de subir. Se alguma vez refizer aquela experiência, farei também esta, que será muito fácil; e penso que não vos será aborrecido lê-las, desde que seja no intervalo de lazer que vossas ocupações mais sérias poderão proporcionar. Eu jamais pensaria em vos escrever tanto, se o Padre Mersenne não me houvesse assegurado que haveis tentado juntos fazer essa mesma experiência. Creio que vistes aquelas que fizemos, o Senhor Gassendi e eu, da queda dos corpos na balança; e eu gostaria de ter tempo disponível para publicar as que fiz sobre os pesos e refrações de quase todos os corpos diáfanos, sólidos e líquidos — veríeis aí a exatidão e a novidade que se pode tirar de belos princípios físicos. Mas percebo o tamanho extraordinário em que fico vos deduzindo bagatelas, enquanto deveria ter dedicado esse número de linhas ao elogio dessa grande Rainha, que todos aqui admiramos, e à qual eu me sentiria feliz de servir em todos os lugares onde a honra de suas ordens me pudesse enviar, como o fui igualmente ao oferecer meus serviços ao grande Gustavo, seu glorioso pai, e receber dele tais honras, mais de vinte anos atrás, que não esqueceria nem em mil, se pudesse vivê-los. Se me julgardes capaz de lhe prestar algum serviço, seja na procura de livros, de que ela envie alguma lembrança, seja em qualquer outro emprego, suplico-vos muito humildemente de lembrar-vos (de mim). O Senhor Embaixador deixa aqui tal reputação de seu mérito e virtudes eminentes que eu não seria capaz de dizer sobre ele nada que não estivesse aquém da verdade; quanto a mim, recebi tantos testemunhos da honra de sua bondade e tanta satisfação de sua

companhia que jamais deixarei de torná-lo público. Pode-se dizer que ele me causou a primeira tristeza que jamais tive de estar preso à França, pois ela me privou da honra de segui-lo por toda parte — o que eu teria feito com o melhor sentimento que jamais tive, pelo tanto que ele ganhou minhas inclinações por seus encantos; e peço-vos que lhe testemunhe meus sentimentos em relação a ele e o modo como vos escrevi sobre isso. Mas, a propósito de livros, fiz-lhe um pequeno pacote; e, embora no começo ele só quisesse comédias e romances, cuja leitura já abandonei há muito tempo atrás, fi-lo aceitar quarenta ou cinqüenta belos volumes de outros assuntos próprios a seu uso, de acordo com o catálogo que podereis ver, com o projeto de um ballet que vos rogo examinar e para cuja execução estou certo de que contribuireis muito. Aprouvesse a Deus que me fosse permitido ir até aí para ser tanto intendente quanto espectador, como o faria com todo meu coração. Mas devo terminar com essa aspiração, rogando-vos honrar-me sempre com vossas boas graças e assegurando-vos que jamais ninguém foi nem será mais do que eu,

Senhor,

Vosso humilde e mui afeiçoado servidor,

Petit

Em Paris, 26 de novembro de 1646.

LISTA BIBLIOGRÁFICA

1 ADAM, Charles. Pascal et Descartes — les expériences du vide (1646-1651). *Revue Philosophique de la France et de l'Étranger* 24: 612-24, 1887; 25: 65-90, 1888.

2 ARISTÓTELES. *The works of Aristotle translated into English*. 12 vols. Ed. J.A. Smith & W.D. Ross. Oxford, Oxford University, 1967-8.

3 AVICENNE. *Le livre de science (Dânesh-nâmè)*. Trad. Mohammad Achena, Henri Massé. Paris, Belles Lettres, 1958, 2 vols.

4 BACON, Francis. *Novum organon*. Chicago, Encyclopaedia Britannica, 1958. Tradução: *Novo organon*. São Paulo, Abril Cultural, 1973 (Os pensadores, vol. XIII).

5 BRICKMAN, Benjamin. Francesco Patrizi — on physical space. *Journal of the History of Ideas* 4: 224-45, 1943.

6 COHEN, Morris R. & DRABKIN, I.E. *A source book in Greek science*. Cambridge, MA, Harvard University, 1969.

7 DESCARTES, René. *Principes de la philosophie*. vol. IX-2, in: *Oeuvres de Descartes*. Ed. Charles Adam & Paul Tannery, 11 vols. Paris, J. Vrin, 1964-72.

8 DIELS, H. *Die Fragmente der Vorsokratiker*. Trad. Gabriele Giannantoni et alii: *I Presocratici: testemonianze e frammenti*. 2 vols. Roma, Laterza, 1986.

9 DUHEM, Pierre. Le P. Marin Mersenne et la pesanteur de l'air. *Revue Générale des Sciences Pures et Appliquées* 17: 769-82, 809-17, 1906.

10 — —. Le principe de Pascal — essai historique. *Revue Générale des Sciences Pures et Appliquées* 16: 599-610, 1905.

11 EPICUROS, *La lettre d'Épicure*. Trad. Jean Bollack, Mayotte Bollack & Heinz Wismann. Paris, Minuit, 1971.

12 GALILEI, Galileo, *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno à due nuove scienze...* Leiden, Elsevir, 1638. Reproduzido no vol. 8 de *Le opere di Galileo Galilei*. Ed. A. Favaro. 20 vols. Firenze, Barbera, 1929-39. Traduções: *Dialogues concerning two new sciences*. Trad. H. Crew & A. de Salvio. Evanston, Ill., Northwestern University, 1968. *Discours concernant deux sciences nouvelles*. Trad. M. Clavelin. Paris, Colin, 1970. *Duas novas ciências*. Trad. Letizio Mariconda & Pablo R. Mariconda. São Paulo, Nova Stella, s.d.

13 GOVI, Gilberto. Intorno al primo scopritore della pressione atmosferica. *Atti della reale Accademia delle Scienze di Torino* 2: 562-81, 1867.

14 GRANT, Edward. *A source book in medieval science*. Cambridge, MA, Harvard University, 1974.

15 HALE, Mathew, *Difficiles nugae: or observations touching the Torricellian experiment and the various solutions of the same*... London, William Shrowsbury, 1674.

16 KIRK, G.S., RAVEN, J.E. & SCHOFIELD, M. *The presocratic philosophers. A critical history with a selection of texts*. 2. ed. Cambridge, Cambridge University, 1983.

17 KOYRÉ, Alexandre. *Études d'histoire de la pensée scientifique*. Paris, Gallimard, 1973.

18 LENOBLE, Robert. *Mersenne ou la naissance du mécanisme*. Paris, J. Vrin, 1943.

19 LUCRETIUS, T. *De la nature*. Ed. e trad. Alfred Ernant. 2 vols. Paris, Belles Lettres, 1972-5.

20 MADEY, Theodore E. & BROWN, William C. *History of vacuum science and technology*. New York, American Vacuum Society, 1984.

21 MAIRE, Albert. *L'oeuvre scientifique de Pascal: bibliographie*. Paris, A. Hermann, 1912.

22 MARTINS, Roberto de A. Em busca do nada. *Cadernos de História e Filosofia da Ciência* (série 2) 2, 1990 (a ser publicado).

23 MATHIEU, Félix. Pascal et l'expérience du Puy-de-Dôme. *Revue de Paris* 13(2): 565-88. 1 avril 1906 (a); 772-794, 15 avril 1906 (b); 13(3): 179-206, 1 mai 1906 (c); 14(2): 176-221, 1 mars 1907 (a); 347-78, 15 mars 1907 (b); 835-76, 15 avril 1907 (c).

24 MCKEON, Robert M. Le récit d'Auzout au sujet des expériences sur le vide. *Actes du XI^e Congrès International d'Histoire des Sciences* 3: 355-63, 1965.

25 MERSENNE, Marin, *Harmonie universelle*, 3 vols. Paris, CNRS, 1975.

26 MIDDLETON, W. E. Knowles. The place of Torricelli in the history of the barometer. *Isis* 54: 11-28, 1963.
27 — — . *The history of the barometer*. Baltimore, Johns Hopkins, 1964.
28 — — . *The experimenters. A study of the Accademia del Cimento*. Baltimore, Johns Hopkins, 1971.
29 — — . Paolo del Buono on the elasticity of air. *Archive for History of Exact Sciences*. 6: 1-28, 1969.
30 NOURRISSON, P. De l'idée du plein et de l'idée du vide chez Descartes et chez Pascal. *Séances et Travaux de l'Académie des Sciences Morales et Politiques, Comptes Rendus* 116: 58-87, 1881.
31 O'DONNELL, J. Reginald. Nicholas of Autrecourt. *Medieval Studies* 1: 179-280, 1939.
32 PASCAL, Blaise. *Oeuvres de Pascal*. Ed. Léon Bruschvicg & Pierre Boutroux. 14 vols. Paris, Hachette, 1904-14.
33 — — . *Oeuvres complètes*. Ed. J. Chevalier. Paris, Gallimard, 1954.
34 — — . *The physical treatises of Pascal*. Trad. I.H.B. Spiers & A. G. Spiers. New York, Octagon, 1973.
35 POWER, Henry. *Experimental philosophy*. London, John Martin & James Allestry, 1663. New York, Johnson Reprint, 1966.
36 REY, Abel. Pascal et l'expérience du Puy-de-Dôme. *Revue de Synthèse Historique* 13(2): 143-60, 1906.
37 REY, Jean. *Essays sur la recherche de la cause pour laquelle l'estain et le plomb augmentent de poids quand on les calcine*. Bazas, G. Millanges, 1630.
38 ROHAULT, Jacques. *Traité de Physique*. 2 vols. Amsterdam, Jacques le Jeune, 1672.
39 SEXTUS EMPIRICUS. *Oeuvres choisies de Sextus Empiricus*. Trad. Jean Grenier & Geneviève Goron. Paris, Montaigne, 1948.
40 — — .*Sextus Empiricus*. Trad. R. G. Bury. 4 vols. Cambridge, MA, Harvard University, 1967-71.
41 SADOUN-GOUPIL, Michelle. L'oeuvre de Pascal et la physique moderne. *Revue d'Histoire des Sciences* 16: 23-52, 1963.
42 SCHMITT, Charles B. Experimental evidence for and against a void: the sixteenth-century arguments. *Isis* 57: 352-66, 1966.
43 TATON, René. L'annonce de l'expérience barométrique en France. *Revue d'Histoire des Sciences* 16: 77-83, 1963.
44 THIRION, J. Pascal, l'horreur du vide et la pression atmosphérique. *Revue des Questions Scientifiques* (3) 12: 383-450, 1907; 13: 149-251, 1908; 15: 149-201, 1909.
45 TORRICELLI, Evangelista. *Opere*. Ed. Gino Loria & Giuseppe Vassura. 3 vols. Faenza, Montanari, 1919.
46 WAARD, Cornelis de. *L'expérience barométrique, ses antécédents et ses explications*. Thouars, Nouvelle, 1936.